

Universidade Federal de Uberlândia
Campus Patos de Minas
Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações

Capítulo 1:

Introdução aos Sistemas de Controle

- Sinais e Sistemas 1 -

Prof. Alan Petrônio Pinheiro

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Sinais Sistemas 1

Capítulo 1:
Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

Objetivos

- Entender principais aspectos de um sistema de controle
- O que é um sinal
- Princípios básicos de modelagem

2

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

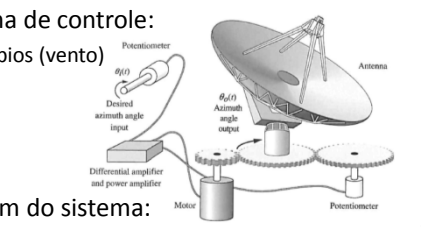
Sinais Sistemas 1

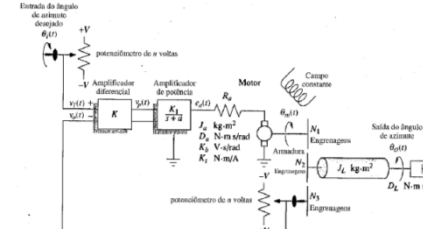
Capítulo 1:
Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

Sistemas de Controle

- Um sistema de controle:
– Distúrbios (vento)
- Modelagem do sistema:





3

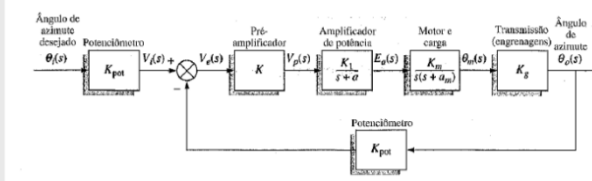
UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Sinais Sistemas 1

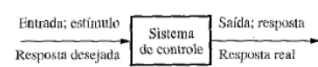
Capítulo 1:
Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

Diagrama de bloco:



Visão geral:



4

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Sinais Sistemas 1

Capítulo 1:
Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

• Outro exemplo: elevador

Entrada; estímulo
Resposta desejada

Sistema de controle

Saída; resposta
Resposta real

— Resposta elevador:

Comando de entrada

Resposta transitória

Resposta de estado estacionário

Erro de estado estacionário

Resposta do elevador

Posição

Tempo

5

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Sinais Sistemas 1

Capítulo 1:
Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

• Análise de sinais

Espectro entrada (excitação)

Função transferência

Resposta em frequência

6

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Sinais Sistemas 1

Capítulo 1:
Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

• Sinais entrada usuais:

Entrada	Função	Descrição	Esboço	Uso
Impulso	$\delta(t)$	$\delta(t) = \infty$ para $0 < t < 0+$ $= 0$ nos demais casos $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$		Modelagem de Resposta Transitória
Degrau	$u(t)$	$u(t) = 1$ para $t > 0$ $= 0$ para $t < 0$		Resposta Transitória; Erro de estado estacionário
Rampa	$tu(t)$	$tu(t) = t$ para $t \geq 0$ $= 0$ nos demais casos		Erro de estado estacionário
Parábola	$\frac{1}{2}t^2u(t)$	$\frac{1}{2}t^2u(t) = \frac{1}{2}t^2$ para $t \geq 0$ $= 0$ nos demais casos		Erro de estado estacionário
Senóide	$\sin at$			Modelagem de Resposta Transitória; Erro de estado estacionário

7

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Sinais Sistemas 1

Capítulo 1:
Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

• Malha aberta

- Alta sensibilidade a distúrbios
- Dificuldade em corrigir distúrbios

Entrada ou Referência

Transdutor de entrada

Controlador

Perturbação 1

Junção de adição

Processo ou Planta

Perturbação 2

Junção de adição

Saída ou Variável controlada

• Malha fechada

Entrada ou Referência

Transdutor de entrada

Erro ou Sinal atuante

Controlador

Perturbação 1

Junção de adição

Processo ou Planta

Perturbação 2

Junção de adição

Saída ou Variável controlada

Transdutor de saída ou Sensor

8

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Análise de sistemas

Sinais Sistemas 1

Capítulo 1: Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas**
- Projeto de sistemas
- Exercícios

• **Análise**
– Avaliação do comportamento de um sistema em diferentes condições

• **Estabilidade**
Resp. sistema = Resp. Natural (homogênea) + Resp. Forçada (particular)

- Depende da entrada
- deve tender a zero (deixando somente forçada) ou oscilar
- Descreve se o sistema dissipa ou adquire energia
- Forma depende somente do sistema e não da entrada

• **Resposta transitória**
– Transitório = resp. natural (grande) + forçada (pequena)

• **Resposta de estado estacionário (permanente)**
– Transitório = resp. natural (pequena) + forçada (grande)

9

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Projeto de sistemas

Sinais Sistemas 1

Capítulo 1: Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas**
- Exercícios

• **Passos:**

- Passo 1: Determine um sistema físico e as especificações a partir dos requisitos
- Passo 2: Desenhe um diagrama de blocos funcional
- Passo 3: Transforme o sistema físico em um esquema
- Passo 4: Use o esquema para obter um diagrama de blocos, um diagrama de fluxo de sinal, ou uma representação no espaço de estados
- Passo 5: Se houver blocos múltiplos, reduza o diagrama de blocos em um único bloco ou sistema a malha fechada
- Passo 6: Analise, projete e teste para ver que requisitos e especificações são compatíveis

– **Passo 1:** especificações e requisitos

- Controle ângulo azimute
- Correção automática
- Erro $< 2^\circ$
- Máximo de 5s para ajustar até 10°

10

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Projeto de sistemas

Sinais Sistemas 1

Capítulo 1: Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas**
- Exercícios

– **Passo 2:** diagrama de bloco

- Partes do sistema
- Interconexão e fluxo da informação (ou sinais)

11

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Projeto de sistemas

Sinais Sistemas 1

Capítulo 1: Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas**
- Exercícios

– **Passo 3:** esquemático do sistema

- Usa elementos mecânicos, elétricos, eletrônicos ou eletromecânicos para modelar o sistema

12

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Sinais Sistemas 1

Capítulo 1:
Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

– **Passo 4:** modelo matemático do sistema

- Leis físicas (Kirchhoff, Norton, Newton ...) para fazer simplificações do sistema e entender seu comportamento em diversos cenários.
- Equações diferenciais
- Função de transferência (transformada de **Laplace**)

13

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Sinais Sistemas 1

– **Passo 5:** redução do diagrama de bloco

- Sistema como único bloco contendo a descrição matemática que representa aquele sistema.

– **Passo 6:** análise e projeto

- Se responde aos requerimentos
- Ajustes
- Adicionar mais blocos para atender aos requerimentos

14

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Sinais Sistemas 1

Capítulo 1:
Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

Exercícios

- Obs.: exercícios retirados do livro Engenharia de Sistemas de Controle, Nise (3ª edição)

2. Um sistema de controle de temperatura opera sentindo a diferença entre o ajuste do termostato e a temperatura real e em seguida abrindo uma válvula de combustível de uma quantidade proporcional a esta diferença. Desenhe um diagrama de blocos funcional a malha fechada semelhante ao da Fig. 1.9(d), identificando os transdutores de entrada e de saída, o controlador e a planta. Além disso, identifique os sinais de entrada e de saída para todos os subsistemas descritos anteriormente.

Fig. 1.9 (d)

15

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Sinais Sistemas 1

Capítulo 1:
Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

3. A atitude de uma aeronave varia em rolamento, arfagem e guinada conforme definido na Fig. P1.2. Desenhe um diagrama de blocos funcional para um sistema a malha fechada que estabilize o rolamento como a seguir: o sistema mede o ângulo de rolamento real com um dispositivo giroscópico e compara o ângulo de rolamento real com o ângulo de rolamento desejado. Os *ailerons* respondem ao erro de ângulo de rolamento efetuando uma deflexão angular. A aeronave responde a esta deflexão angular produzindo uma velocidade angular de rolamento. Identifique os transdutores de entrada e de saída, o controlador e a planta. Além disso, identifique a natureza de cada sinal.

16

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Sinais Sistemas 1

Capítulo 1:
Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

17

5. Em uma usina nuclear geradora de energia, o calor proveniente de um reator é usado para gerar vapor para as turbinas. A taxa da reação de fissão determina a quantidade de calor gerada, e esta taxa é controlada através de varetas inseridas dentro do núcleo radioativo. As varetas regulam o fluxo de nêutrons. Se as varetas forem baixadas dentro do núcleo, a taxa de fissão diminuirá; se as varetas forem elevadas, a taxa de fissão aumentará. Através do controle automático da posição das varetas, a quantidade de calor gerada pelo reator pode ser regulada. Desenhe um diagrama de blocos para o sistema de controle do reator nuclear mostrado na Fig. P1.4. Mostre todos os blocos e sinais.

O diagrama mostra um reator nuclear com um núcleo radioativo. Varetas de controle são inseridas no núcleo. Um detector de nêutrons está conectado ao núcleo. O detector envia um sinal para um bloco contendo um amplificador, motor e sistema de acionamento. Este bloco também envia um sinal para ajustar o nível de potência desejado, que é representado por um círculo.

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Sinais Sistemas 1

Capítulo 1:
Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

18

6. Uma universidade deseja estabelecer um modelo de sistema de controle que represente a população de estudantes como saída e tendo a população desejada de estudantes como entrada. A administração determina a taxa de admissões comparando as populações de estudantes atual e a desejada. O setor de admissões usa então esta taxa para admitir estudantes. Desenhe um diagrama de blocos mostrando a administração e o setor de admissões como blocos do sistema. Mostre também os seguintes sinais: a população de estudantes desejada, a população de estudantes real, a taxa de estudantes desejada determinada pela administração, a taxa de estudantes real gerada pelo setor de admissões, a taxa de evasão e a taxa líquida de entrada.

UFU
Prof. Alan
www.alan.eng.br

Sinais Sistemas 1

Capítulo 1:
Introdução

- Objetivos
- Sistemas de Controle
- O que um sinal?
- Configurações de sistemas
- Análise de sistemas
- Projeto de sistemas
- Exercícios

19

8. Sua banheira doméstica é um sistema de controle que mantém o nível de água constante. Uma vazão constante da torneira produz um nível constante de água, porque a vazão através do escoamento aumenta conforme o nível de água aumenta e diminui conforme o nível de água diminui. Após o equilíbrio ter sido alcançado, o nível pode ser controlado através da vazão de entrada. Uma vazão de entrada baixa produz um nível mais baixo, enquanto uma vazão de entrada maior produz um nível maior.

a. Esboce um sistema de controle que use este princípio para controlar precisamente o nível de fluido em um reservatório. Mostre as válvulas de entrada e de escoamento, o reservatório, alguns sensores e transdutores, e a interconexão de todos os componentes.

b. Desenhe um diagrama de blocos funcional do sistema identificando os sinais de entrada e de saída de cada bloco.