

Fundamentos de Controle

Abordagens para Representação, Análise e Projeto de Sistemas Lineares

Antonio Simões Costa

LABSPOT

Tipos de Representação de Sistemas

Representação Entrada-Saída

- Baseia-se unicamente na **relação entre entrada e saída** de um sistema;

Representação Entrada-Saída

- Baseia-se unicamente na **relação entre entrada e saída** de um sistema;
- Considera que a **estrutura interna** do sistema é **desconhecida**: único acesso a ele é mediante os terminais de entrada e saída;

Representação Entrada-Saída

- Baseia-se unicamente na **relação entre entrada e saída** de um sistema;
- Considera que a **estrutura interna** do sistema é **desconhecida**: único acesso a ele é mediante os terminais de entrada e saída;
- Portanto, sistema pode ser considerado uma **“caixa preta”**;

Representação Entrada-Saída

- Baseia-se unicamente na *relação entre entrada e saída* de um sistema;
- Considera que a *estrutura interna* do sistema é *desconhecida*: único acesso a ele é mediante os terminais de entrada e saída;
- Portanto, sistema pode ser considerado uma “*caixa preta*”;
- Sistema deve ser necessariamente suposto *inicialmente relaxado* ⇒ resposta depende exclusivamente da entrada aplicada;

Representação Entrada-Saída

- Baseia-se unicamente na *relação entre entrada e saída* de um sistema;
- Considera que a *estrutura interna* do sistema é *desconhecida*: único acesso a ele é mediante os terminais de entrada e saída;
- Portanto, sistema pode ser considerado uma *“caixa preta”*;
- Sistema deve ser necessariamente suposto *inicialmente relaxado* \Rightarrow resposta depende exclusivamente da entrada aplicada;
- Operacionalmente, apresenta melhores resultados para sistemas que, além de relaxados, são *lineares*, *invariantes no tempo* e *SISO* \Rightarrow representação *no domínio da frequência*;

Representação Entrada-Saída

- Baseia-se unicamente na **relação entre entrada e saída** de um sistema;
- Considera que a **estrutura interna** do sistema é **desconhecida**: único acesso a ele é mediante os terminais de entrada e saída;
- Portanto, sistema pode ser considerado uma **“caixa preta”**;
- Sistema deve ser necessariamente suposto **inicialmente relaxado** \Rightarrow resposta depende exclusivamente da entrada aplicada;
- Operacionalmente, apresenta melhores resultados para sistemas que, além de relaxados, são **lineares, invariantes no tempo** e **SISO** \Rightarrow representação **no domínio da frequência**;
- Representação **E-S** típica: **função de transferência**.

Representação no Espaço de Estado

- Não necessita supor que o sistema está inicialmente relaxado;

Representação no Espaço de Estado

- Não necessita supor que o sistema está inicialmente relaxado;
- Quando construída com base em interpretações físicas, pressupõe acesso à estrutura interna do sistema;

Representação no Espaço de Estado

- Não necessita supor que o sistema está inicialmente relaxado;
- Quando construída com base em interpretações físicas, pressupõe **acesso à estrutura interna do sistema**;
- Representação **no domínio do tempo**;

Representação no Espaço de Estado

- Não necessita supor que o sistema está inicialmente relaxado;
- Quando construída com base em interpretações físicas, pressupõe **acesso à estrutura interna do sistema**;
- Representação **no domínio do tempo**;
- **Variáveis de estado**: variáveis cujas condições iniciais, juntamente com a entrada, determinam **univocamente** a resposta do sistema;

Representação no Espaço de Estado

- Não necessita supor que o sistema está inicialmente relaxado;
- Quando construída com base em interpretações físicas, pressupõe **acesso à estrutura interna do sistema**;
- Representação **no domínio do tempo**;
- **Variáveis de estado**: variáveis cujas condições iniciais, juntamente com a entrada, determinam **univocamente** a resposta do sistema;
- Escolha das variáveis de estado **não é única**:

Representação no Espaço de Estado

- Não necessita supor que o sistema está inicialmente relaxado;
- Quando construída com base em interpretações físicas, pressupõe **acesso à estrutura interna do sistema**;
- Representação **no domínio do tempo**;
- **Variáveis de estado**: variáveis cujas condições iniciais, juntamente com a entrada, determinam **univocamente** a resposta do sistema;
- Escolha das variáveis de estado **não é única**:
 - Diferentes análises podem levar a diferentes variáveis de estado;

Representação no Espaço de Estado

- Não necessita supor que o sistema está inicialmente relaxado;
- Quando construída com base em interpretações físicas, pressupõe **acesso à estrutura interna do sistema**;
- Representação **no domínio do tempo**;
- **Variáveis de estado**: variáveis cujas condições iniciais, juntamente com a entrada, determinam **univocamente** a resposta do sistema;
- Escolha das variáveis de estado **não é única**:
 - Diferentes análises podem levar a diferentes variáveis de estado;
 - Algumas escolhas, embora válidas, podem não ser fisicamente interpretáveis.

Representação no Espaço de Estado

- Não necessita supor que o sistema está inicialmente relaxado;
- Quando construída com base em interpretações físicas, pressupõe **acesso à estrutura interna do sistema**;
- Representação **no domínio do tempo**;
- **Variáveis de estado**: variáveis cujas condições iniciais, juntamente com a entrada, determinam **univocamente** a resposta do sistema;
- Escolha das variáveis de estado **não é única**:
 - Diferentes análises podem levar a diferentes variáveis de estado;
 - Algumas escolhas, embora válidas, podem não ser fisicamente interpretáveis.
- Aplicável também a sistemas **variáveis no tempo, não-lineares e MIMO**.

Abordagens para Análise e Projeto de Sistemas

Controle Clássico (1935-1960)

- *Ferramenta Matemática*: Teoria das funções de variáveis complexas, transformada de Laplace;

Controle Clássico (1935-1960)

- *Ferramenta Matemática*: Teoria das funções de variáveis complexas, transformada de Laplace;
- *Representação*: do tipo *entrada-saída*, baseada em funções de transferência;

Controle Clássico (1935-1960)

- *Ferramenta Matemática*: Teoria das funções de variáveis complexas, transformada de Laplace;
- *Representação*: do tipo *entrada-saída*, baseada em funções de transferência;
- *Análise*: baseada na configuração de pólos e zeros;

Controle Clássico (1935-1960)

- *Ferramenta Matemática*: Teoria das funções de variáveis complexas, transformada de Laplace;
- *Representação*: do tipo *entrada-saída*, baseada em funções de transferência;
- *Análise*: baseada na configuração de pólos e zeros;
- *Critérios de Desempenho* podem ser especificados:

Controle Clássico (1935-1960)

- *Ferramenta Matemática*: Teoria das funções de variáveis complexas, transformada de Laplace;
- *Representação*: do tipo *entrada-saída*, baseada em funções de transferência;
- *Análise*: baseada na configuração de pólos e zeros;
- *Critérios de Desempenho* podem ser especificados:
 - no *domínio do tempo* - tempo de subida, ultrapassagem percentual, razão de amortecimento, tempo de resposta, ou

Controle Clássico (1935-1960)

- *Ferramenta Matemática*: Teoria das funções de variáveis complexas, transformada de Laplace;
- *Representação*: do tipo *entrada-saída*, baseada em funções de transferência;
- *Análise*: baseada na configuração de pólos e zeros;
- *Critérios de Desempenho* podem ser especificados:
 - no *domínio do tempo* - tempo de subida, ultrapassagem percentual, razão de amortecimento, tempo de resposta, ou
 - no *domínio da frequência* - margens de ganho e fase, faixa de passagem, etc.;

- Estrutura do controlador proposta *a priori*;

Controle Clássico - Projeto:

- Estrutura do controlador proposta *a priori*;
- Ajuste de parâmetros do controlador baseado em métodos gráficos: lugar das raízes, diagramas de Bode e Nyquist, etc.;

- Estrutura do controlador proposta *a priori*;
- Ajuste de parâmetros do controlador baseado em métodos gráficos: lugar das raízes, diagramas de Bode e Nyquist, etc.;
- Abordagem adequada para sistemas de **uma entrada e uma saída**, obrigatoriamente **lineares**, **relaxados inicialmente** e **invariantes no tempo**;

- Estrutura do controlador proposta *a priori*;
- Ajuste de parâmetros do controlador baseado em métodos gráficos: lugar das raízes, diagramas de Bode e Nyquist, etc.;
- Abordagem adequada para sistemas de **uma entrada e uma saída**, obrigatoriamente **lineares**, **relaxados inicialmente** e **invariantes no tempo**;
- Fornecem possibilidades de **visualização gráfica**.

Métodos Baseados na Representação de Estados (1960 -)

- Surgiram em decorrência da necessidade do uso de sistemas de múltiplas entrada e múltiplas saídas.

Métodos Baseados na Representação de Estados (1960 -)

- Surgiram em decorrência da necessidade do uso de sistemas de múltiplas entrada e múltiplas saídas.
 - *Ex.:* Probs. de guiagem de foguetes espaciais no final da década de 50;

Métodos Baseados na Representação de Estados (1960 -)

- Surgiram em decorrência da necessidade do uso de sistemas de múltiplas entrada e múltiplas saídas.
 - *Ex.:* Probs. de guiagem de foguetes espaciais no final da década de 50;
- *Ferramentas Matemáticas:* Álgebra Linear e Álgebra Matricial;

Métodos Baseados na Representação de Estados (1960 -)

- Surgiram em decorrência da necessidade do uso de sistemas de múltiplas entrada e múltiplas saídas.
 - *Ex.:* Probs. de guiagem de foguetes espaciais no final da década de 50;
- *Ferramentas Matemáticas:* Álgebra Linear e Álgebra Matricial;
- *Representação:* utilizam a representação de estados (conjunto de equações diferenciais de primeira ordem);

Métodos Baseados na Representação de Estados (1960 -)

- Surgiram em decorrência da necessidade do uso de sistemas de múltiplas entrada e múltiplas saídas.
 - *Ex.:* Probs. de guiagem de foguetes espaciais no final da década de 50;
- *Ferramentas Matemáticas:* Álgebra Linear e Álgebra Matricial;
- *Representação:* utilizam a representação de estados (conjunto de equações diferenciais de primeira ordem);
- *Análise:* baseada no uso de transformações (operadores) lineares;

Métodos Baseados na Representação de Estados (1960 -)

- Surgiram em decorrência da necessidade do uso de sistemas de múltiplas entrada e múltiplas saídas.
 - *Ex.:* Probs. de guiagem de foguetes espaciais no final da década de 50;
- *Ferramentas Matemáticas:* Álgebra Linear e Álgebra Matricial;
- *Representação:* utilizam a representação de estados (conjunto de equações diferenciais de primeira ordem);
- *Análise:* baseada no uso de transformações (operadores) lineares;
- *Critérios de Desempenho:* posição dos autovalores da matriz de estados ou funcional dos estados e entradas a ser minimizado, etc.

- Estrutura do controlador não necessita ser proposta *a priori*;

Métodos no Espaço de Estados - Projeto:

- Estrutura do controlador não necessita ser proposta *a priori*;
- Baseado em **realimentação de estados** ou em métodos de Controle Ótimo;

- Estrutura do controlador não necessita ser proposta *a priori*;
- Baseado em **realimentação de estados** ou em métodos de Controle Ótimo;
- Propicia a consideração dos **efeitos de condições iniciais**, o que não é possível no método clássico.