



## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

# Capítulo 5 Sistemas de controle industrial

Seções:

1. Indústrias de processo vs. Indústrias de produção discreta
2. Controle contínuo vs. Controle discreto
3. Controle de processos por computador

slide 1

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.



## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

# Controle industrial – definido

A regulação automática das operações da unidade e de seus equipamentos associados, bem como a integração e a coordenação dessas operações no sistema de produção maior

- Operação da unidade

Normalmente refere-se às operações de produção

Também pode referir-se ao manuseio de materiais ou outros equipamentos

slide 2

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Indústrias de processos vs. Indústrias de produção discreta

- Indústrias de processos  
Executam suas operações em montantes de materiais  
Materiais: líquidos, gases, pós etc.
- Indústrias de produção discreta  
Executam suas operações em quantidades de materiais  
Peças, unidades de produtos

slide 3

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Definições: variáveis e parâmetros

- Variáveis – saídas do processo
- Parâmetros – entradas para o processo
- Variáveis e parâmetros contínuos – mantêm-se ininterruptos conforme o tempo procede  
Também considerados como sendo analógicos – podem assumir qualquer valor dentro de um determinado intervalo  
Eles não são restritos a um conjunto discreto de valores
- Variáveis e parâmetros discretos – podem assumir apenas certos valores em um dado intervalo

slide 4

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Variáveis e parâmetros discretos

Categorias:

- Binária – podem assumir um de dois valores possíveis, ligado ou desligado, 1 ou 0 etc.
- Discreta não binária – podem assumir mais do que dois valores possíveis, mas menos do que um número infinito de valores possíveis
- Dados de pulsos – um trem de pulsos que pode ser contado

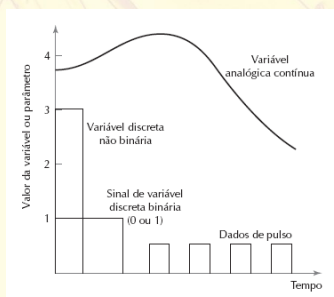
slide 5

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Variáveis e parâmetros contínuos e discretos



slide 6

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Tipos de controle

- Da mesma maneira que existem dois tipos básicos de variáveis e parâmetros em processos, há também dois tipos de controle correspondentes:

Controle contínuo – variáveis e parâmetros são contínuos e analógicos

Controle discreto – variáveis e parâmetros são discretos, na maioria discretos binários

slide 7

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Controle contínuo

- O objetivo comum é manter o valor de uma variável de saída em um nível desejado

Parâmetros e variáveis são normalmente contínuos

Similar à operação de um sistema de controle por realimentação

A maioria dos processos industriais contínuos tem múltiplas malhas de realimentação

- Exemplos de processos contínuos:

Controle da saída de uma reação química que depende da temperatura, pressão etc.

Controle da posição de uma ferramenta de corte em relação à peça na máquina-ferramenta CNC

slide 8

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.



## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Tipos de controle contínuo de processos

- Controle regulatório
- Controle preditivo
- Otimização em estado estacionário
- Controle adaptativo
- Estratégias de busca em tempo real
- Outras técnicas especializadas
  - Sistemas de especialistas
  - Redes neurais

slide 9

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Controle regulatório

- Objetivo – manter o desempenho do processo em certo nível ou dentro de uma faixa de tolerância desse nível
  - Apropriado quando o desempenho relaciona-se a uma medida de qualidade
- Medida de desempenho é às vezes calculada com base em muitas variáveis de saída
  - Medida de desempenho é chamada de *índice de desempenho*
- O problema com o controle regulatório é que um erro tem de existir a fim de que seja tomada qualquer medida de controle

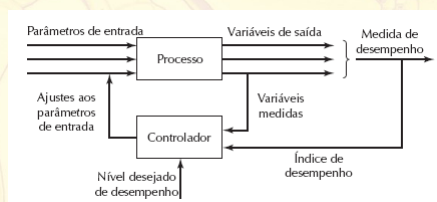
slide 10

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Controle regulatório



slide 11

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Controle preditivo

- Objetivo – antecipar o efeito de perturbações que vão prejudicar fazendo seu sensoriamento e compensando-as antes que possam afetar o processo
- Modelo matemático captura o efeito da perturbação no processo
- Uma compensação completa para a perturbação é difícil devido a variações, imperfeições no modelo matemático e imperfeições nas ações de controle

Normalmente combinado com o controle regulatório

- O controle regulatório e o controle preditivo são mais proximamente associados com as indústrias de processo

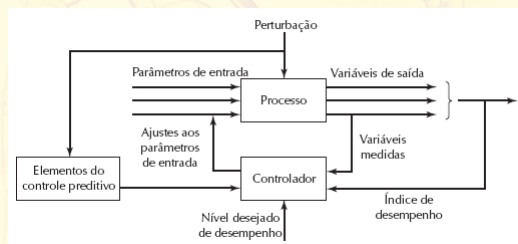
slide 12

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Controle preditivo combinado com controle por retroalimentação



slide 13

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Controle adaptativo

- Como o sistema de controle do estado estacionário opera como um sistema de malha aberta, ele não pode compensar por perturbações
- O controle adaptativo é uma forma autocorretiva de controle otimizado que inclui o controle por retroalimentação

Mede as variáveis de processo relevantes durante a operação (controle por retroalimentação)

Utiliza um algoritmo de controle que tenta otimizar algum índice de desempenho (controle otimizado)

slide 14

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Controle adaptativo opera em um ambiente que varia com o tempo

- O ambiente varia com o tempo e as mudanças têm um efeito potencial sobre o desempenho do sistema

Exemplo: aviões supersônicos operam de maneira diferente em um voo subsônico do que em um voo supersônico

- Se o algoritmo de controle é fixo, o sistema pode ter um desempenho bastante diferente em um ambiente do que em outro
- Um sistema de controle adaptativo é projetado para compensar a mudança do ambiente, alterando algum aspecto do seu algoritmo de controle para alcançar um desempenho ótimo

slide 15

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Três funções no controle adaptativo

1. Função de identificação – valor atual do índice de desempenho é determinado com base em medidas de variáveis do processo
2. Função de decisão – decide quais mudanças devem ser feitas para melhorar o desempenho do sistema
  - Mudar um ou mais parâmetros de entrada
  - Alterar alguma função interna do controlador
3. Função de modificação – implementar a função de decisão
  - Diz respeito a mudanças físicas no sistema (hardware em vez de software)

slide 16

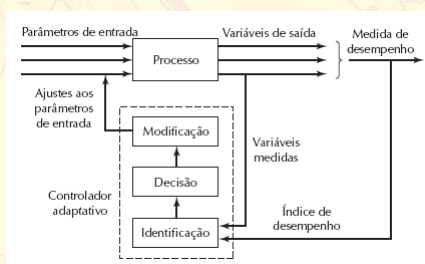
© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.



## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Sistema de controle adaptativo



slide 17

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Sistemas de controle discretos

- Variáveis e parâmetros do processo são discretos
- Variáveis e parâmetros do processo são modificados em momentos discretos de tempo
- As mudanças são definidas de maneira antecipada pelo programa de instruções
- As mudanças são executadas por uma de duas razões:
  - Alteração no estado do sistema (mudanças ocasionadas por evento)
  - Passado determinado período de tempo (mudanças ocasionadas por tempo)

slide 18

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Mudanças ocasionadas por evento (Sistemas a eventos discretos)

- Executadas pelo controlador em resposta a algum evento que alterou o estado do sistema
- Exemplos:
  - Um robô carrega uma peça de trabalho para fixação e ela é detectada por um interruptor de fim-de-curso
  - A diminuição do nível de compostos de plástico de moldagem no funil de uma máquina de moldagem por injeção aciona um interruptor de baixo nível, o que abre uma válvula para iniciar o fluxo de plástico novo para a máquina
  - A contagem de peças movidas por um transportador passando por um sensor óptico

slide 19

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Mudanças ocasionadas por tempo

- Executada pelo sistema de controle, seja em um ponto específico no tempo ou depois de passado um determinado período de tempo
- Exemplos:
  - O “relógio da fábrica” soa um alarme em momentos específicos durante o dia para o início e término dos expedientes e períodos uniformes de parada para todos os trabalhadores
  - Operações de tratamento de calor devem ser executadas por um determinado período de tempo
  - Em uma máquina de lavar, o ciclo de lavagem é realizado pelo período de tempo configurado nos controles
  - Em comparação, **encher o compartimento** da máquina com água é conduzido **por evento**

slide 20

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Dois tipos de controle discreto

1. Controle lógico combinacional – controla a execução de mudanças ocasionadas por evento

Também conhecido como controle lógico

Saída a qualquer momento depende dos valores das entradas

Parâmetros e variáveis = 0 ou 1 (ligado ou desligado)

2. Controle sequencial – controla a execução de mudanças ocasionadas por tempo

Utiliza temporizadores internos para determinar quando iniciar mudanças nas variáveis de saída

slide 21

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Intertravamentos

Mecanismos de segurança para coordenar as atividades de dois ou mais dispositivos e prevenir que um dispositivo interfira em outro(s)

1. Intertravamentos de entrada – é um sinal que se origina em um dispositivo externo enviado para o controlador; funções possíveis

Proceder com a execução do programa de ciclo de trabalho

Interromper a execução do programa de ciclo de trabalho

2. Intertravamentos de saída – sinal enviado pelo controlador para algum dispositivo externo

slide 22

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Formas de controle de processos por computador

1. Monitoramento de processos por computador
2. Controle digital direto (*direct digital control* – DDC)
3. Controle numérico e robótica
4. Controlador lógico programável
5. Controle supervisão
6. Sistemas de controle distribuído e computadores pessoais

slide 23

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Monitoramento de processos por computador

Computador observa o processo e os equipamentos associados, coleta e grava dados da operação

- O computador não controla diretamente o processo

- Tipos de dados coletados:

Dados do processo – parâmetros de entrada e variáveis de saída

Dados de equipamentos – monitorar a utilização das máquinas, agendar a troca de ferramentas, diagnosticar o mau funcionamento

Dados do produto – para satisfazer exigências do governo, por exemplo, indústrias farmacêuticas e de suprimentos médicos

slide 24

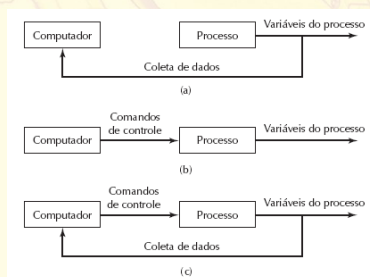
© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.



## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

- (a) Monitoramento de processo,  
(b) controle de processo em malha aberta, e  
(c) controle de processo em malha fechada



slide 25

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Controle supervisão

Nas indústrias de processo, o controle supervisão denota um sistema de controle que gerencia as atividades de um número de operações de unidades integradas para alcançar certos objetivos econômicos

Na produção discreta, o controle supervisão é o sistema de controle que direciona e coordena as atividades de vários equipamentos interagindo entre si em um sistema de produção

Funções: agendamento eficiente da produção, rastreamento da vida útil das ferramentas, otimizar parâmetros operacionais

- Mais proximamente associado com as indústrias de processo

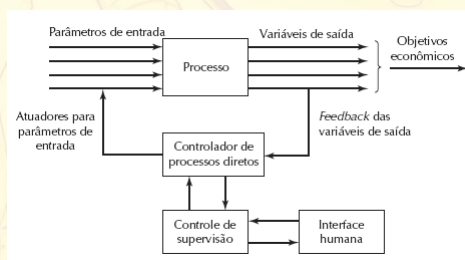
slide 26

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.

## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E SISTEMAS DE MANUFATURA

3ª edição

### Controle supervisão sobreposto aos outros sistemas de controle no nível de processo



slide 27

© 2011 Pearson Prentice Hall. Todos os direitos reservados.