



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA  
PROF. DR. TEODIANO FREIRE BASTOS FILHO

## PROGRAMA DE DISCIPLINA

017-5524 : Robótica Móvel

Professor : Teodiano Freire Bastos Filho

Período : 2015/1

Horário : Quintas-Feiras, de 09:00 às 12:00 h

Carga horária semanal e créditos:

Teoria: 3; Exercícios: 0; Laboratório: 0; Créditos: 3

Critérios de avaliação:

Desenvolvimento de um projeto (PJ) e média aritmética de trabalhos teóricos —apresentação de artigos, provas, simulações, etc. — (AT). A nota final (NF) é calculada por:

$$NF = \frac{(2PJ + AT)}{3}$$

NOTA: A cada ausência em aula, será descontado um ponto da nota AT.

### **Ementa:**

1. Introdução  
Objetivos do curso. Robôs Industriais e robôs móveis. Sensores internos. Sensores externos. Sensores para processos de soldagem. Critérios para avaliação de sensores: sensibilidade, linearidade, faixa de medida, tempo de resposta, precisão, repetibilidade, resolução, tipo de saída, tamanho e peso, confiabilidade, interfaceamento.
2. Motores e Atuadores em Robôs Móveis  
Principais Tipos de Motores CC. Princípio de Funcionamento. Torque, Velocidade, Eficiência. Motor de Passo. Servo-Motor. Motor Piezelétrico. Motor Eletrostático. Ligas de Memória. Dimensionamento de Motor para Robô Móvel.

3. Acionamento de Motores (Ponte H e Sinal PWM) e Controle de Motores

Funcionamento de Ponte H. CIs Baseados em Ponte H. Sinal PWM. Uso de Sinal PWM e Ponte H para Impor Velocidade a um Robô. Uso de Controle Proporcional-Integral (PI) para Controle de Ambas as Rodas de um Robô Móvel.

4. Sensores

Fotosensíveis (Fotoresistor, Fotodiodo, Fototransistor). Circuitos Eletrônicos para Interface com microcontrolador. Implementação de Comportamento "esconder em local escuro" e "seguir uma fonte de luz". Sensor de Proximidade Ótico (infravermelho). Circuito Eletrônico para Interface com microcontrolador. Implementação de Comportamento "seguir parede". Sensor Piroelétrico. Circuito Eletrônico para Interface com microcontrolador. Implementação de Comportamento "seguir humanos". Câmara de Vídeo. Sensor de Força. Circuito Eletrônico para Interface com microcontrolador. Sensor de Contato. Circuito Eletrônico para Interface com microcontrolador. Microfone. Implementação de comportamento "obedecer padrão sonoro". Sensor de Ultra-Som. Circuito Eletrônico para Interface com microcontrolador. Codificadores Óticos (encoders). Inclínometro. Giroscópio. Bússola. Sensor de Nível de Bateria. Circuito Eletrônico para Interface com microcontrolador. Sensor de Corrente. Sensor de Temperatura.

5. Baterias, Reguladores de Tensão, Reguladores de Chaveamento, Conversores CC-CC, Proteção de Circuitos, Isolamento, Redução de Ruídos

Tipos de Bateria para Robôs Móveis (ácido-chumbo, zinco-carbono, alcalina, lítio, mercúrio, níquel-cádmio, hidreto de níquel-metal, prata e ar-zinco). Características (energia, densidade de energia, variações com o tempo e capacidade, voltagem da célula, resistência interna, recarregabilidade). Circuito Recarregador de Baterias. Regulador de Tensão. Exemplos de CIs comerciais. Conversor CC-CC. Regulador de Chaveamento. Isolamento de Circuitos de Parte Lógica, Sensores e Baterias. Resolvendo Problemas de Ruído no Circuito.

6. Estratégias de Programação e Técnicas de Controle de Robôs Móveis

Estratégias de Programação de um Microcontrolador para Resposta a Eventos Externos em Tempo Real (Polling, Interrupção, Input Capture).

Controle Clássico de Robôs Móveis. Controle Reativo. Controle Baseado em Comportamentos. Controle Híbrido. Comportamentos. Estratégias para Implementação de Comportamentos. Linguagens de Programação Usadas em Controle Baseado em Comportamentos. Linguagem Interactive C. Programação de Comportamentos. Arbitração de Comportamentos. Problemas com Robôs com Controle Baseado em Comportamentos. Sistemas Multi-Agentes. Problemas Ainda Não Resolvidos em Robôs Móveis.

7. Formas de Locomoção de Robôs Móveis, Rodas e Chassis

Formas de Locomoção de Robôs Móveis (Rodas, Patas, Esteiras). Características e Problemas. Tipos de Acionamento de Robôs (diferencial, carro, triciclo, sincro-drive). Forma dos Robôs. Detalhes Mecânicos de Uso de Rodas. Materiais para Construção de Chassis.

8. Modelamento de Robôs Móveis

Modelamento dos motores CC de um robô móvel a rodas. Modelo das rodas. Modelo cinemático de um robô móvel a rodas. Diagrama de blocos. Obtenção da velocidade angular e velocidade linear do robô a partir de tensões aplicadas aos motores.

9. Controle Baseado de Robôs Móveis a Rodas

Controle Não Linear: Análise de Estabilidade com as Teorias de Lyapunov. Linearização por Realimentação. Lema de Barbalat

Controle de um Robô de Tração Diferencial:

-Baseado no Modelo Cinemático: Modelo Cinemático. Modelo Geral: Ponto de Guiagem no Centro do Eixo das Rodas de Tração e

Ponto de Guiagem Diferente do Centro do Eixo das Rodas de Tração.  
Leis de Controle: Controle de Postura (por Aicardi). Controle de Trajetória (por Canudas). Controle de Trajetória (por De La Cruz)

- Baseado no Modelo Dinâmico: Modelo Dinâmico. Modelo Simplificado (por Carelli). Modelo Simplificado (por Lawton). Modelo Completo (por De La Cruz).  
Leis de Controle: Controle de Trajetória (por De La Cruz).

Controle de um Robô Tipo Carro:

- Baseado no Modelo Cinemático: Modelo Cinemático. Modelo Geral.  
Leis de Controle: Controle de Trajetória Baseado no Controle de Trajetória do Robô de Tração Diferencial.  
Controle de Estacionamento (por S. Lee)  
Evasão de obstáculos (por Carelli)

#### 10. Aplicações Especiais de Robôs

Robôs de limpeza (limpeza de pisos domésticos e industriais, limpeza de dutos para petróleo, limpeza de tubulações em geral, limpeza de cascos de navios). Robô cortador de grama. Robô de segurança. Robô bombeiro. Robô hospitalar. Robô agrícola. Robô explorador de vulcões. Robô explorador planetário (robô Sojourner) Robô buscador de bombas e detector de minas. Robô tosador de ovelhas. Robô saltador. Robô escalador. Robô aéreo. Robô submarino. Sistemas multi-robôs. Robôs para entretenimento. Microrrobôs e Nanorrobôs. Robô para instalação de esferas de sinalização em cabos de alta tensão. Robô para geração de imagens de TV.

### **Bibliografia**

1. Jones, J.L, Flynn, A.M., Mobile Robots: Inspiration to Implementation, A K Peters Ltd., 2<sup>nd</sup> Edition, 1999.
2. Martin, F. Oberoi, P., Sargent, R., The 6.270 Robot Builder's Guide for the 1992 M.I.T. LEGO Robot Design Competition, 2<sup>nd</sup> Edition, 1992. Obtido em [cherupakha.media.mit.edu](http://cherupakha.media.mit.edu).

3. Fu, K.S., Gonzalez, R.C., Lee, C.S.G., Robotics. Control, Sensing, Vision, and Intelligence, McGraw-Hill International Editions, 1987.
4. Klafter, R.D., Chmielewski, T.A., Negi, M., Robotic Engineering. An Integrated Approach, Prentice-Hall International, Inc., 1989.
5. Critchlow, A.J., Introduction to Robotics, Macmillan Publishing Company, 1985.
6. Ferraté, G., Amat, J., Ayza, J., Basañez, L., Ferrer, F., Huber, R., Torres, C., Robótica Industrial, Marcombo, S.A., 1986.
7. Tompkins, W.J., Webster, J.G., Interfacing Sensors to the IBM PC, Prentice Hall, 1988.
8. Bastos, T.F., Seguimiento y Análisis de Entornos de Soldadura por Arco Automatizada Mediante Ultrasonidos, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 1995.
9. Bastos Filho, T. F. *et al.*, Robótica Industrial. Aplicação na Indústria de Manufatura e de Processos, Editor Vitor Ferreira Romano, Editora Edgard Blücher Ltda., 2002.
10. Artificial Intelligence and Mobile Robots. Case Studies of Successful Robot Systems, edited by David Kortenkamp, R. Peter Bonasso, and Robin Murphy, AAAI Press/The MIT Press, 1998.
11. Arkin, R. C., Behavior-Based Robotics (Intelligent Robots And Autonomous Agents), The MIT Press, 1998.
12. Bastos, T.F., Dynnikov, V., "Aplicación de Robots y Sensores en Manufactura", Tercer Congreso Internacional de Manufactura , Querétaro, 22-24 de Octubre, 1998, México.
13. Bastos, T.F., "Sensores de Proximidad en Robótica", Reunión del Proyecto SISPER (Sistema de Percepción Modular y Reconfigurable para Robótica) , Maracaibo, 7-11 de Septiembre, 1998, Venezuela.
14. Bastos, T.F., "Sensores para Robots de Soldadura por Arco", I Jornada de Robótica, Cartagena de Indias, 14-18 de Abril, 1997, Colombia.
15. Bastos, T. F. "Sensores de Ultra-Som: Características e Aplicações", Semana da Engenharia da UFES, Vitória, 20-24 de Novembro, 1995, Brasil.
16. Bastos, T.F., Scheneebeli, H.J., Dynnikov, V., "Tópicos Avanzados en el Control de Robots: Robots Móviles", I Curso Iberoamericano de Automática, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, Diciembre 1995.
17. Dudek, G., Jenkin, M., Computational Principles of Mobile Robotics, Cambridge University Press, 2000.
18. Murphy, Robin R., Introduction to AI Robotics, The MIT Press, 2000.
19. Lunt, K., Build Your Own Robot!, A. K. Peters, 2000.
20. Cook, D., Robot Building for Beginners, Apress, 2002