



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE
AUTOMAÇÃO E ENERGIA
PLANO DE ENSINO
PERÍODO LETIVO 2015/1

DISCIPLINA: ROBÓTICA A ENG04479

Créditos: 4

Caráter: Eletiva

Professor Regente: Prof. Walter Fetter Lages

Carga horária: 40 horas teóricas
20 horas práticas

Pré-requisitos: Engenharia de Computação: ENG04006 e ENG04056
Engenharia de Controle e Automação: ENG03380
Engenharia Elétrica: ENG04006 e ENG04475

Horários: Turma U 2082/301–4082/301

SÚMULA:

Estrutura de robô: características, acionamento, controle, manipuladores e sensores. Capacidade do robô. Aplicações do robô. Noções de cinemática e dinâmica. Programação do robô. Sistemas de programação. Sistema controlador–periféricos–robô.

OBJETIVOS DA DISCIPLINA:

Transmitir aos alunos conhecimentos sobre cinemática, estática e dinâmica de robôs manipuladores de cadeia aberta, fornecendo aos alunos a capacidade de modelar robôs e planejar trajetórias. Abordagem superficial das técnicas mais aplicadas no controle de posição e trajetória de manipuladores. Operação e programação básica de robôs.

METODOLOGIA DE ENSINO:

Aulas expositivas e aulas de laboratório com simulações e experimentos utilizando o sistema ROS (*Robot Operating System*), os robôs Barrett WAM, IRB1400, Stäubli e kits Lego NXT.

SISTEMA DE AVALIAÇÃO:

Será realizada uma prova escrita individual (P) e dois trabalhos práticos (T_1 e T_2), que deverão ser demonstrados. Alunos que obtiverem média aritmética destas três avaliações (M) igual ou superior 6.0, ou seja,

$$M = \frac{P + T_1 + T_2}{3} \geq 6.0 \quad (1)$$

serão aprovados. Alunos com $M < 6.0$ poderão fazer uma prova de recuperação englobando toda a matéria da disciplina. Esta prova de recuperação substitui **em qualquer hipótese** a menor nota obtida em $\{P, T_1, T_2\}$, computando-se novamente (1). Os conceitos serão atribuídos com base na tabela 1.

Tabela 1: Atribuição de Conceitos

Conceito A	$8.5 \leq M \leq 10.0$
Conceito B	$7.0 \leq M < 8.5$
Conceito C	$6.0 \leq M < 7.0$
Conceito D	$M < 6.0$
Conceito FF	Frequência abaixo de 75%, conforme legislação federal

Será reprovado por Falta de Frequência (FF), o aluno que tiver frequência inferior a 75%, das aulas ministradas no semestre, de acordo com o **Regimento Geral da Universidade (RGU), Art. 134**, "É obrigatória a frequência dos alunos às atividades didáticas, considerando-se reprovado aquele que, ao término do período letivo, houver deixado de frequentar mais de 25% (vinte e cinco por cento) da carga horária prevista no plano da disciplina".

OBSERVAÇÕES:

O DELET não autoriza que alunos frequentem disciplinas/turmas para as quais não estejam regularmente matriculados e não reconhece as atividades realizadas de tal forma.

Os alunos receberão uma conta com senha no sistema do laboratório. Estas contas poderão ser acessadas através de qualquer computador do laboratório. A má utilização destas contas será responsabilidade do mesmo, e será punida conforme as regras previstas na política para recursos computacionais da UFRGS e o Código Disciplinar Discente (<http://www.ufrgs.br/cepe/Res07-04.htm>).

Adicionalmente, cada aluno também terá uma conta no sistema Moodle em (<http://moodle.ece.ufrgs.br>). Este sistema deverá ser utilizado para submissão dos relatórios dos trabalhos práticos. Não serão aceitos relatórios que não sejam submetidos através deste sistema.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA:

- [1] J. J. Craig. *Introduction to Robotics Mechanics and Control*. Addison-Wesley, second edition, 1989.

- [2] K. S. Fu, R. C. Gonzales, and C. S. G. Lee. *Robotics Control, Sensing, Vision and Intelligence*. Industrial Engineering Series. McGraw-Hill, New York, 1987.
- [3] P. Goebel. *ROS by Example*. Lulu, Raleigh, NC, Abr. 2013. <http://www.lulu.com/shop/r-patrick-goebel/ros-by-example-hydro-volume-1/paperback/product-21460217.html>.
- [4] W. F. Lages. ENG04479 Robótica A. (<http://www.ece.ufrgs.br/~fetter/eng04479>).
- [5] A. Martinez and E. Fernández. *Learning ROS for Robotics Programming*. Packt Publishing, Birmingham, UK, Sep. 2013.
- [6] J. M. O’Kane. *A Gentle Introduction to ROS*. CreateSpace Independent Publishing Platform, Oct. 2013. Available at <http://www.cse.sc.edu/~jokane/agitr/>.
- [7] V. F. Romano, editor. *Robótica Industrial Aplicação na Indústria de Manufatura e de Processos*. Edgard Blücher, São Paulo, 2002.
- [8] ROS.org. ROS, 2010. (<http://www.ros.org>).

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO:

1. Introdução
 - (a) Conceitos
 - (b) Configurações cinemáticas usuais
 - (c) Punhos e efetadores
2. Descrições espaciais e transformações
 - (a) Introdução
 - (b) Descrições: posições, orientações e sistemas de referência
 - (c) Transformações entre sistemas
 - (d) Outras descrições de orientação
3. Cinemática direta do manipulador
 - (a) Introdução
 - (b) Descrição dos ligamentos
 - (c) Descrição da conexão entre ligamentos
 - (d) Cinemática do manipulador
 - (e) Espaço das juntas e cartesiano
 - (f) Sistemas de referência padrão
4. Cinemática inversa do manipulador
 - (a) Introdução
 - (b) Sub-espaço do manipulador

- (c) Solução algébrica \times solução geométrica
 - (d) Repetibilidade e precisão
5. Jacobiano do manipulador
- (a) Introdução
 - (b) Velocidades lineares e angulares de corpos rígidos
 - (c) Movimento dos elos de um robô
 - (d) Propagação de velocidade
 - (e) Jacobiano
 - (f) Jacobiano no domínio da força
6. Dinâmica do manipulador
- (a) Introdução
 - (b) Aceleração de um corpo rígido
 - (c) Equações de Newton-Euler
 - (d) Formulação lagrangeana
 - (e) Simulação dinâmica
7. Geração de trajetórias
- (a) Introdução
 - (b) Esquemas no espaço das juntas
 - (c) Esquemas no espaço cartesiano
8. Controle independente por junta
- (a) Introdução
 - (b) Dinâmica do atuador
 - (c) Acompanhamento de *set-point*
 - (d) Compensador proporcional com realimentação auxiliar de velocidade
 - (e) Compensador PID
9. Programação de robôs
- (a) Introdução e conceitos fundamentais
 - (b) Linguagens de programação
 - (c) Programação *off-line*

Tabela 2: Cronograma

Semana	Data	Conteúdo Previsto
1	02/03/2015	Apresentação, introdução, conceitos.
	04/03/2015	Configurações cinemáticas usuais, punhos e efetuadores.
2	09/03/2015	Introdução à descrição espacial.
	11/03/2015	Sistemas de referência.
3	16/03/2015	Transformações entre sistemas.
	18/03/2015	Introdução à cinemática, descrição dos elos.
4	23/03/2015	Descrição da conexão entre elos.
	25/03/2015	Cinemática do manipulador.
5	30/03/2015	Sistemas de referência padronizados.
	1 ^o /04/2015	Resolução de dúvidas
6	06/04/2015	Prova P_1
	08/04/2015	Cinemática inversa do manipulador.
7	13/04/2015	Solução algébrica.
	15/04/2015	Solução geométrica.
8	20/04/2015	Método de Pieper.
	22/04/2015	Introdução à geração de trajetórias.
9	27/04/2015	Trajetoórias no espaço das juntas.
	29/04/2015	Trajetoórias no espaço cartesiano.
10	04/05/2015	Velocidades lineares e angulares de corpos rígidos.
	06/05/2015	Propagação de velocidades.
11	11/05/2015	Jacobiano.
	13/05/2015	Jacobiano no domínio da força.
12	18/05/2015	Apresentação do Trabalho T_1 .
	20/05/2015	Apresentação do Trabalho T_1 .
13	25/05/2015	Introdução à dinâmica do manipulador.
	27/05/2015	Aceleração de um corpo rígido.
14	1 ^o /06/2015	Equações de Newton-Euler.
	03/06/2015	Equações de Newton-Euler.
15	08/06/2015	Formalismo de Lagrange-Euler.
	10/06/2015	Formalismo de Lagrange-Euler.
16	15/06/2015	Controle independente por junta.
	17/06/2015	Compensador PID.
18	22/06/2015	Controle por torque calculado,
	24/06/2015	Controle por torque calculado,
19	29/06/2015	Apresentação do Trabalho T_2 .
	1 ^o /07/2015	Apresentação do Trabalho T_2 .
20	06/07/2015	Revisão de conceitos.
	08/07/2015	Recuperação.