

Controle de Sistema Dinâmico Utilizando a Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com Dois Valores (LPA2v)

José William Rodrigues Pereira¹

Orientador: Prof^o Dr. Tarcisio Fernandes Leão²

¹josewrpereira@gmail.com

²leao@ifsp.edu.br

10 de Agosto de 2017

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Metodologia
- 3 Resultados
- 4 Cronograma
- 5 Viabilidade
- 6 Referencias

Introdução

Lógica Paraconsistente (DA SILVA FILHO, 2006)

- Ferramenta promissora para tomada de decisão;
- Robótica, Automação Industrial, IA, Logística, etc.

Ideia de uso da Lógica Paraconsistente (DA SILVA FILHO; ABE, 2011)

- Conjunto de axiomas e regras de inferência;
- Objetiva representar formalmente um raciocínio válido.

Objetivo(s)

Geral

Estudar a LPA2v e desenvolver um algoritmo que possa ser embarcado para atuar no controle dinâmico de um sistema físico.

Específicos

- Construir um sistema físico para o controle de velocidade em um motor CC.
- Implementar o algoritmo da LPA2v e criar uma biblioteca.
- Desenvolver a malha de controle do sistema físico proposto utilizando o algoritmo da LPA2v.

Lógica Clássica

A origem (DA SILVA FILHO, 2006)

Grécia Antiga : *Tópicos* de Aristóteles 340 a.C.

Princípios da Lógica (DA SILVA FILHO, 2006)

- 1 Princípio de Identidade: $A \rightarrow A$ ou $\forall x(x = x)$;
- 2 Princípio do Terceiro Excluído: $A \vee \neg A$ ou $\forall x(Ax \vee \neg Ax)$;
- 3 Princípio da Não Contradição: $\neg(A \wedge \neg A)$ ou $\forall x\neg(Ax \wedge \neg Ax)$.

Lógica Paraconsistente

Criadores (KRAUSE, 2004)

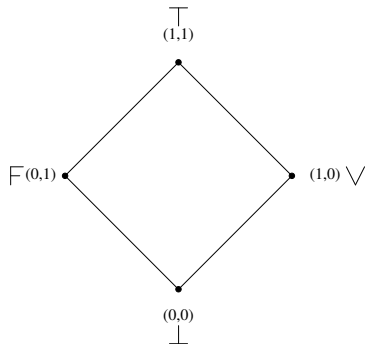
- Newton Carneiro Affonso da Costa (1929-presente data)
- Stanislaw Jaskiowski (1906-1965)

Desenvolvimento: Costa, Subrahmanian e Vago (KRAUSE, 2004)

- Lógica Paraconsistente Anotada
- extensão a uma Lógica de Predicados Paraconsistente Anotada de primeira ordem

Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com dois valores (LPA2v) (DA SILVA FILHO, 2006)

$$\tau = \{(\mu, \lambda) \mid \mu, \lambda \in [0, 1] \subset \mathbb{R}\}$$



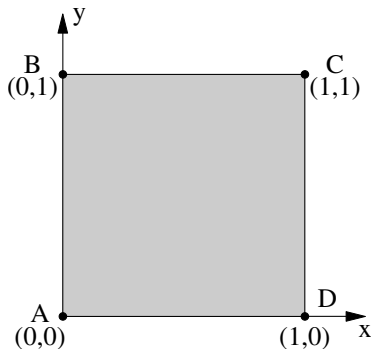
- $(0,0) = \perp \Rightarrow$ Paracompleto;
- $(0,1) = F \Rightarrow$ Falso;
- $(1,1) = \top \Rightarrow$ Contradição;
- $(1,0) = V \Rightarrow$ Verdade.

A Proposição

Para toda **proposição** P há um par de valores,
chamada de **anotação**, (μ, λ) , onde
 μ é o **grau de evidência favorável** e
 λ é o **grau de evidência desfavorável**,
representada como $P_{(\mu, \lambda)}$.

Quadrado Unitário no Plano Cartesiano

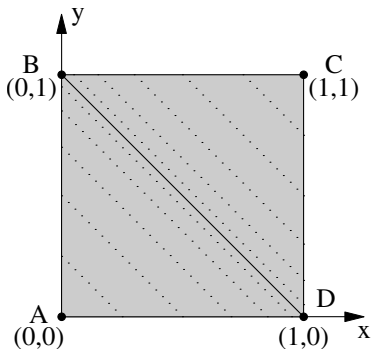
$$(\mu, \lambda) \leftrightarrow (x, y)$$



- $A : (0, 0) = \perp \Rightarrow$ Paracompleto;
- $B : (0, 1) = F \Rightarrow$ Falso;
- $C : (1, 1) = \top \Rightarrow$ Contradição;
- $D : (1, 0) = V \Rightarrow$ Verdade.

Reta Perfeitamente Definida

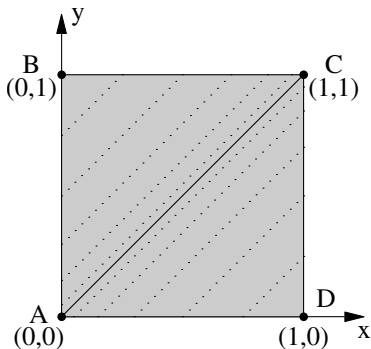
$$(\mu, \lambda) \leftrightarrow (x, y)$$



- $\mu + \lambda = 1$
- $\mu + \lambda - 1 = 0$
- Grau de contradição
 - $G_{ct} = \mu + \lambda - 1$
 - $-1 \leq G_{ct} \leq 1$

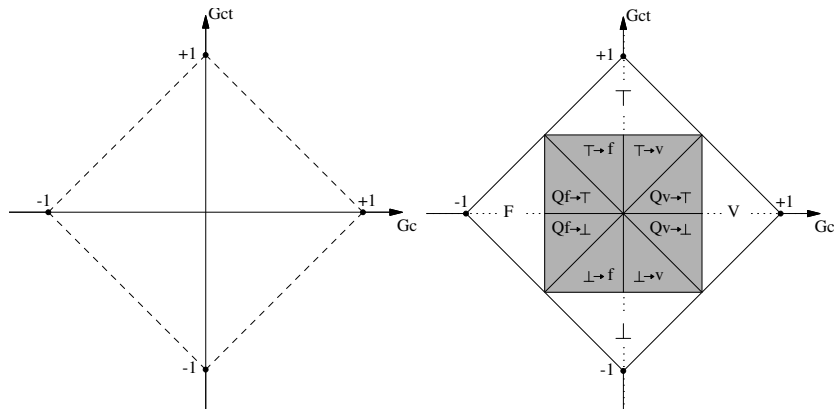
Reta Perfeitamente Indefinida

$$(\mu, \lambda) \leftrightarrow (x, y)$$



- $\mu - \lambda = 0$
- Grau de certeza
 - $G_c = \mu - \lambda$
 - $-1 \leq G_c \leq 1$

Representação do Reticulado da LPA2v subdividido em 12 regiões

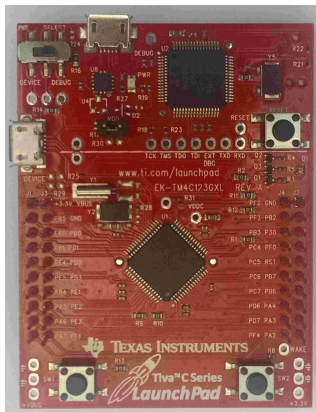


Metodologia

A construção dos sistemas de controle de acordo com (DORF; BISHOP, 2011) passam basicamente por três etapas:

- 1** Estabelecer objetivos:
 - variáveis de controle;
 - especificação do sistema.
- 2** Configuração do sistema
 - Modelo matemático do Sistema.
- 3** Controle:
 - Desenvolvimento;
 - Simulação;
 - Análise.

Construção do Sistema Físico



(a) Placa de desenvolvimento

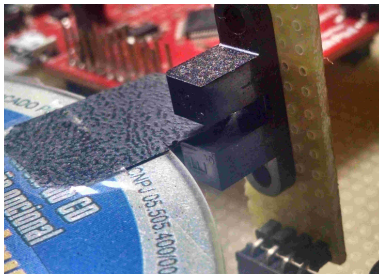


(b) Motor CC

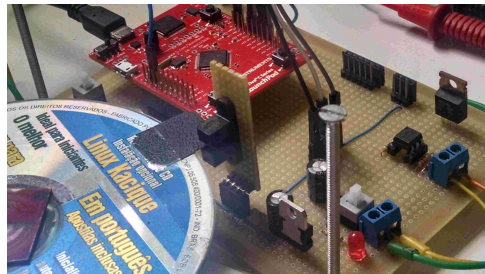
Estabelecer Objetivos

- Variável Controlada : Velocidade de rotação do motor;
- Variável Manipulada : Tensão aplicada no motor através de Modulação por largura de Pulso (*Pulse Width Modulation - PWM*);
- Obter um modelo do sistema físico;
- Erro aceitável para o modelo matemático de no máximo 5%.

Sistema construído



(c) Sensor de rotação



(d) Planta de testes

Estabelecer uma meta para o controle em malha fechada

(DORF; BISHOP, 2011)

- Tempo de subida: $\leq 20\%$ do tempo de subida em malha aberta;
- Sobressinal: $\leq 10\%$;
- Erro de regime estacionário: $\leq 5\%$.

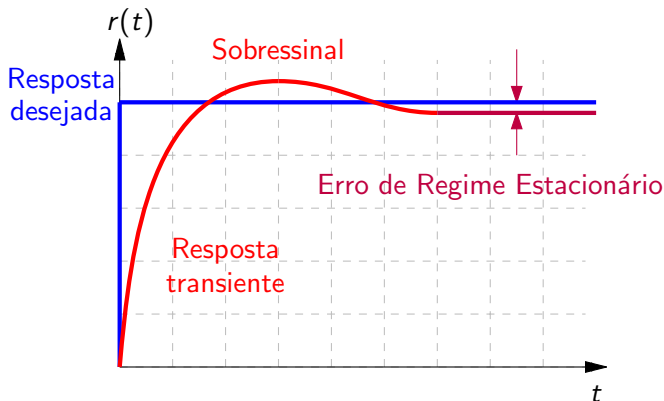
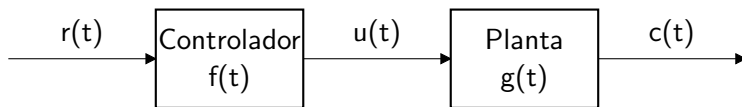


Diagrama de Blocos do Sistema em Malha Aberta (OGATA, 2010)

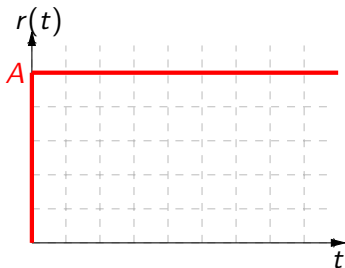


Onde:

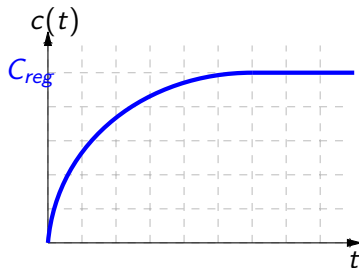
- $r(t)$: Valor de Referência em rotações por segundo [rps];
- $f(t)$: Controlador que converte rps em % PWM para acionar o motor;
- $u(t)$: Variável Manipulada é o valor percentual do PWM;
- $g(t)$: Planta ou Processo formado pelo motor CC com o disco acoplado no eixo;
- $c(t)$: Variável Controlada é a velocidade de rotação do eixo em rps.

Modelagem matemática (OGATA, 2010)

$$C(s) = \frac{K}{s+a} \frac{A}{s} \rightarrow \mathcal{L}^{-1} \rightarrow c(t) = \frac{KA}{a}(1 - e^{-at})$$



(e) Sinal de entrada tipo degrau com amplitude A

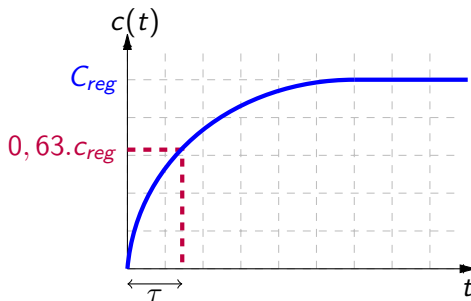


(f) Resposta transitória e regime de acomodação

Modelagem matemática (OGATA, 2010)

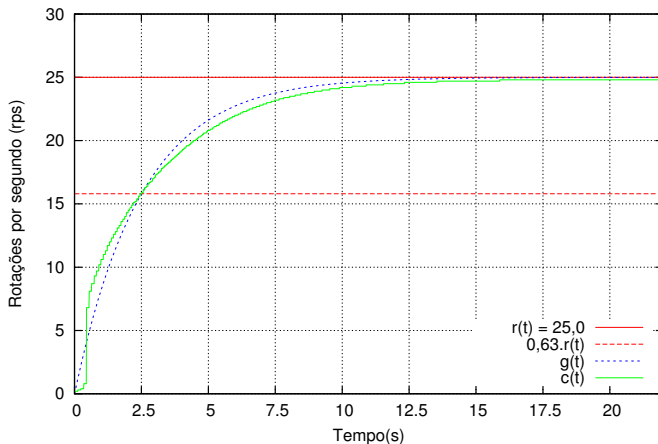
Tomando $t = \frac{1}{a} = a^{-1} = \tau$ para gerar um valor conhecido em e^{-at} , da Equação anterior temos:

$$c(a^{-1}) = \frac{KA}{a}(1 - e^{-(a \cdot a^{-1})}) = \frac{KA}{a}(1 - e^{-1}) = \frac{KA}{a} \cdot 0,63 = 0,63 \cdot C_{reg}$$



Ação de Controle em Malha Aberta

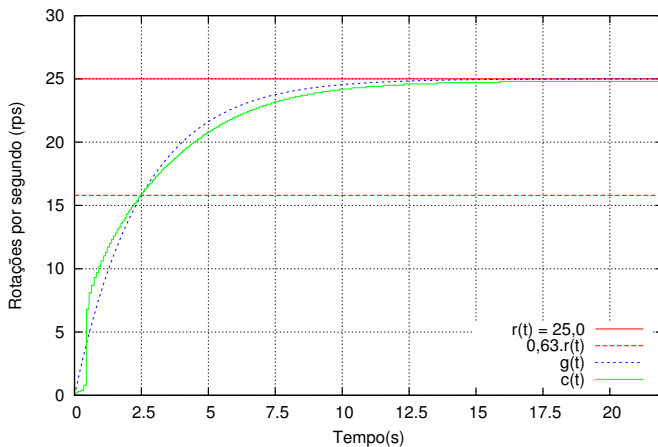
Para $\tau = 2,5s$ calcula-se o polo da função: $a = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{2,5} = 0,4$



Modelo do Sistema em Malha Aberta - Formato Canônico

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{s+a} = \frac{0,4}{s+0,4}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{\tau s+1} = \frac{1}{2,5s+1} = g(t)$$



Qualidade do Modelo

Erro Relativo Percentual

$$\%erro = \frac{100}{N} \cdot \sum_{n=0,00}^{n=22,40} \frac{|r[n] - c[n]|}{r[n]} \quad (1)$$

Onde:

r : valor real;

c : valor calculado;

n : número da amostra adquirida;

N : número total de amostras.

Qualidade do Modelo

Tabela 1: Erro Relativo Percentual para intervalos determinados por τ

Intervalo de amostras	erro médio relativo
1 a 2 τ	3,16 %
2 a 3 τ	3,38 %
3 a 4 τ	2,00 %
4 a 5 τ	2,29 %
> 5 τ	0,82 %

Implementação da LPA2v

P: eixo do motor apresenta rotação igual ao valor de referência.

- μ_0 : grau de evidência favorável que refere-se ao valor desejado;
- μ_1 : grau de evidência favorável com que o motor atinge a velocidade de rotação desejada;

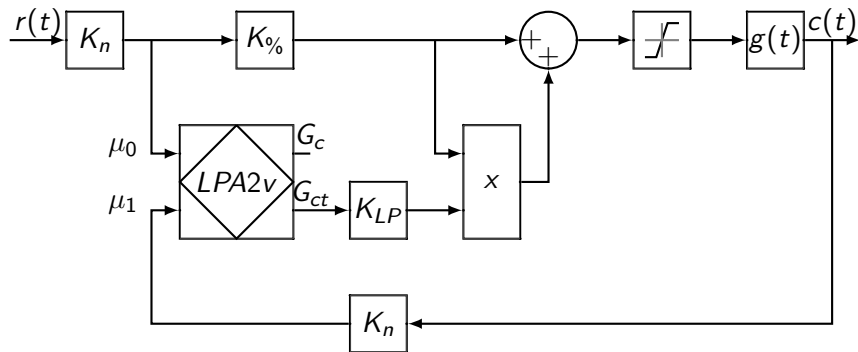
O bloco LPA2v calcula os graus de evidência desfavoráveis das respectivas entradas:

$$\lambda_0 = 1 - \mu_0 \qquad \lambda_1 = 1 - \mu_1$$

Para o cálculo dos graus de Certeza e Contradição são utilizados:

$$P(\mu_0, \lambda_1)$$

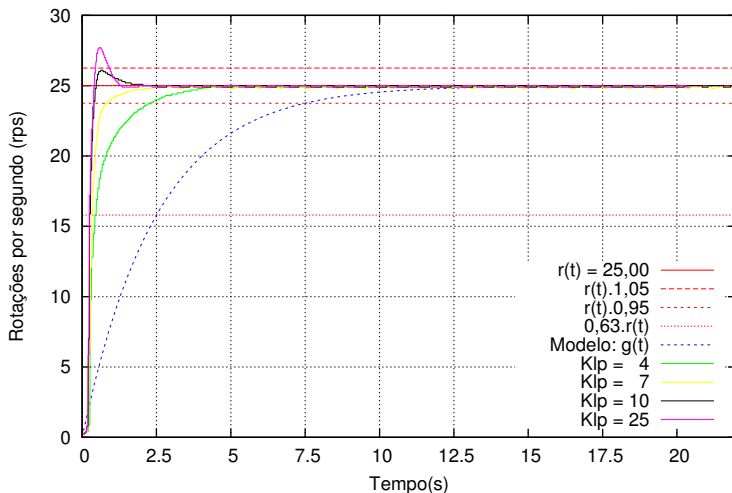
Diagrama de blocos do Controle utilizando a LPA2v



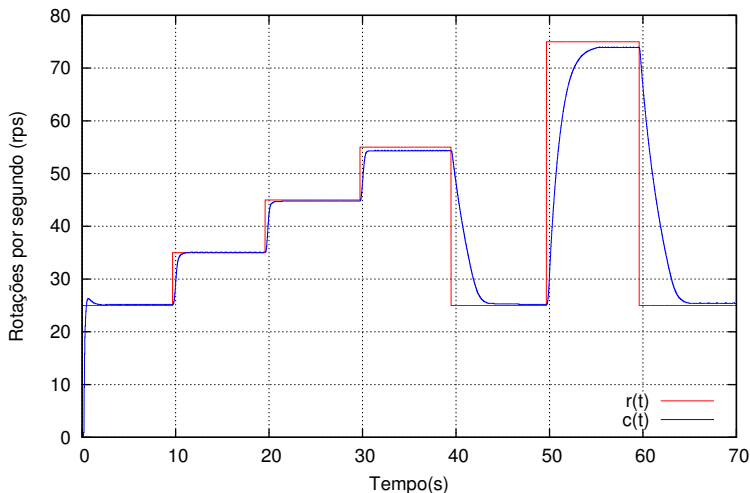
Descrição do diagrama de blocos

- K_n : Bloco de normalização: rps para um intervalo fechado entre 0,0 e 1,0;
- $K_{\%}$: Bloco de normaliza: intervalo fechado entre 0,0 e 1,0 para um intervalo de 0 a 100 (%PWM);
- $LPA2v$: Calcula os graus de Certeza e Contradição de acordo com os graus de evidência favorável μ_0 e μ_1 ;
- K_{LP} : Coeficiente de ganho proporcional do grau de contradição;
- x : Bloco multiplicador;
- $g(t)$: Planta do sistema;
- *Soma*: Bloco somador;
- *Saturação*: Bloco limitador, impede o valor do PWM ultrapassar seu valor máximo de 100%.

Ação de Controle utilizando LPA2v



Ação de Controle utilizando LPA2v



Cronograma

- 1 Entregar o estudo da LPA2v aplicada ao Controle de Sistemas.
- 2 Entregar a implementação de um controlador utilizando LPA2v.
- 3 Entregar a configuração do controlador.
- 4 Entregar a descrição do controlador e dos parâmetros de ajuste.
- 5 Entregar a primeira otimização dos parâmetros e análise da performance.
- 6 Entregar a segunda otimização dos parâmetros e analisar a performance do controlador.
- 7 Entregar a revisão de toda a dissertação.
- 8 Entregar a dissertação finalizada.
- 9 Entregar a correção da dissertação.
- 10 Entregar a impressão da dissertação.
- 11 Entregar a apresentação finalizada.
- 12 Apresentar a dissertação.

Cronograma

Tarefas	Jul		Ago		Set		Out		Nov		Dez	
	12	26	16	30	13	27	11	25	15	29	06	13
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

Viabilidade Econômica

Custo dos itens adquiridos para montagem do projeto

Item	Descrição	Valor
1	Placa de desenvolvimento modelo Tiva TM TM4C123G	R\$42,00
2	Placa padrão perfurada 10x15 cm	R\$15,00
3	Componentes eletrônicos diversos	R\$20,00
4	Fonte de alimentação	R\$60,00
	Total	R\$137,00

Viabilidade Econômica

Itens que não geraram custo direto ao projeto


Item	Descrição
1	Microcomputador portátil - Notebook
2	Softwares
3	Multímetro
4	Motor CC
5	Disco acoplado ao motor


Viabilidade Econômica


Ferramentas de uso livre


- Sistema Operacional: GNU/Linux Debian 8(Jessie);
- GNOME Shell;
- Editor de texto e códigos fonte VIM;
- compilador GCC para ARM (arm-none-eabi-gcc);
- GNU Make;
- processador de texto \LaTeX - pdfTEX;
- pacotes geradores de figuras TikZ, PGF e GNU pic(Groff);
- gerador de gráficos GNUPlot;
- terminal de comunicação Minicom;
- gravador LM4Flash.


Referências

 DA SILVA FILHO, J. I. Métodos de aplicações da lógica paraconsistente anotada de anotação com dois valores-lpa2v. *Revista Seleção Documental*, Santos, v. 1, n. 1, p. 18–25, Março 2006.

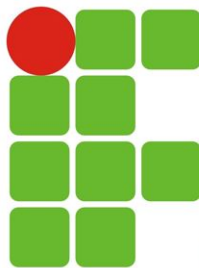
 DA SILVA FILHO, J. I.; ABE, J. M. Aspectos de lógica e teoria da ciência: Pesquisa e métodos de aplicações da lógica paraconsistente anotada em sistemas de inteligência artificial. *Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo*, São Paulo, p. 50–83, 2011.

 DORF, R. C.; BISHOP, R. H. *Modern control systems*. 12^a. ed. New Jersey: Pearson Education, Inc, 2011.

 KRAUSE, D. Lógica paraconsistente. *Scientific American Brasil*, São Paulo, n. 30, p. 70–77, Nov 2004.

 OGATA, K. *Modern Control Engineering*. 5^a. ed. New Jersey: Prentice Hall, Pearson Education, Inc, 2010.

Agradecimentos



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO**

Agradeço a todos!