



Universidade Federal  
do Rio de Janeiro  

---

Escola Politécnica

## IDENTIFICATION AND FAILURE DETECTION IN A DIDACTIC MANUFACTURE SYSTEM

Rafael Accácio Nogueira

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Marcos Vicente de Brito Moreira

Rio de Janeiro  
Abril de 2019

IDENTIFICATION AND FAILURE DETECTION IN A  
DIDACTIC MANUFACTURE SYSTEM

Rafael Accácio Nogueira

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO  
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO DA ESCOLA  
POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO  
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU  
DE ENGENHEIRO DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO.

Examinado por:

---

Prof. Marcos Vicente de Brito Moreira, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL  
ABRIL DE 2019

Nogueira, Rafael Accácio

Identificação e Detecção de Falhas em um Sistema de Manufatura Didático/Rafael Accácio Nogueira.  
– Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2019.

XIII, 6 p.: il.; 29, 7cm.

Orientador: Marcos Vicente de Brito Moreira

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/  
Curso de Engenharia de Controle e Automação, 2019.

Bibliography: p. 5 – 6.

1. Failure Detection. 2. Discrete Event Systems.

I. Moreira, Marcos Vicente de Brito. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia de Controle e Automação. III. Identification and Failure Detection in a Didactic Manufacture System.

*“It’s a dangerous business going  
out your door. You step onto the  
road, and if you don’t keep your  
feet, there’s no knowing where  
you might be swept off to.”  
(J.R.R Tolkien)*

# Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pois sem Ele nada é possível e por **todas** as pessoas qu’Ele colocou em meu caminho, que me fizeram crescer e ser o indivíduo que hoje sou.

Agradeço aos meus pais, Rosemeri e Rogério. Por todo amor e carinho, pela atenção dada e a primeira educação, pontapé inicial essencial para toda minha trajetória, educação não só acadêmica, mas também moral. Agradeço também por terem sempre escolhido as melhores escolas que proporcionaram o conhecimento necessário para entrar no Colégio Pedro II.

Gostaria de agradecer a todos meus professores e professoras por terem mostrado o quão importante e bonita é a profissão e por terem sempre instigado a sede pelo aprendizado. Agradeço a todos que contribuíram para minha base acadêmica e profissional.

Agradeço a todas as amizades que fiz, principalmente as do Pedro II, com os quais convivi durante 7 anos, passando o fim da infância e por grande parte da adolescência e também as da UFRJ, mais especificamente da nossa turma T17, pois se chegamos até onde chegamos foi porque estivemos juntos, fortes, lado a lado, ombro no ombro, não deixando o outro cair, mas quando alguém caía sempre uma mão se estendia para ajudar a levantar e recomeçar. Dos amigos da T17 alguns não poderiam não ser mencionados:

Os melhores companheiros de grupo, Gabriel Pelielo e Rodrigo Moysés, um verdadeiro “Power Trio”, sinergia define bem todos trabalhos que fizemos. E também os amigos Philipe Moura e Felipe Matheus, que me incentivaram a sair da minha zona de conforto e me fizeram compreender de fato o sentido do quão “perigoso” é sair pela porta de casa, pois quando saímos da nossa zona de conforto, coisas mágicas podem acontecer e pessoas mágicas podem aparecer em nossas vidas.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Automation and Control Engineering.

## IDENTIFICATION AND FAILURE DETECTION IN A DIDACTIC MANUFACTURE SYSTEM

Rafael Accácio Nogueira

April/2019

Advisor: Marcos Vicente de Brito Moreira

Course: Automation and Control Engineering

This work has as primary objective to propose tools and a methodology for identification and failure detection on discrete events systems using the Deterministic Automaton with Outputs and Conditional Transitions (DAOCT) model. In order to accomplish this, the control of a didactic manufacture system will be designed, using petri nets in a first phase converting it into Ladder. Once the control is implemented, it will be showed how to make the input and output data acquisition necessary to feed the DAOCT model identification algorithm. The DAOCT model identified by the offline program, using data acquired when the system was operational in normal conditions, will be used online to detect failures in tests where the failures will be created by fiddling around with the sensors and actuators, this way the model will be tested using relatively larger systems.

1. Failure Detection.
2. Discrete Event Systems.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro de Controle e Automação.

## IDENTIFICAÇÃO E DETECÇÃO DE FALHAS EM UM SISTEMA DE MANUFATURA DIDÁTICO

Rafael Accácio Nogueira

Abril/2019

Orientador: Marcos Vicente de Brito Moreira

Curso: Engenharia de Controle e Automação

Este trabalho tem como objetivo propor ferramentas e uma metodologia para a identificação e detecção de falhas em sistemas a eventos discretos, utilizando o modelo DAOCT. Para tanto, será realizado o projeto de controle de um sistema de manufatura didático, utilizando em uma primeira fase redes de petri, depois convertendo na linguagem Ladder. Uma vez implementado o controle será mostrado como fazer a aquisição dos dados de entrada e saída da planta, necessários para o algoritmo de identificação do modelo DAOCT. O modelo DAOCT identificado pelo programa offline, usando dados colhidos em diversos testes no qual a planta se comporta normalmente, será usado para detectar falhas online em testes onde situações de falhas serão causadas ao alterar o comportamento de sensores e atuadores, assim testando o modelo para sistemas de relativamente maiores dimensões

1. Failure Detection.
2. Discrete Event Systems.

# Contents

List of Figures	ix
List of Tables	x
Acronyms	xi
List of Symbols	xii
1 Introduction	2
2 Results	3
3 Conclusion	4
Bibliography	5



# List of Figures

# List of Tables

1    table . . . . . 1

# Acronyms

DAOCT

Deterministic Automaton with Outputs and Conditional Transitions, p. vi, vii

# List of Symbols

$\Omega$

Set of IO vectors, p. 1

**Input:** scalar  $\epsilon$ , matrix  $\mathbf{A} = (a_{ij})$ , vector  $\vec{b}$  and initial vector  $\vec{x}^{(0)}$

```

for  $k \leftarrow 1$  to maximum iterations do
  for  $i \leftarrow 1$  to  $n$  do
     $x_i^{(k)} = \frac{b_i - \sum_{j=1}^{i-1} a_{ij}x_j^{(k)} - \sum_{j=i+1}^n a_{ij}x_j^{(k-1)}}{a_{ii}};$ 
  end
  if  $|\vec{x}^{(k)} - \vec{x}^{(k-1)}| < \epsilon$  then
    Stop
  end
end

```

**Algorithm 1:** Gauss-Seidel Algorithm

Transição	Significado
-----------	-------------

$t_1$	Test
-------	------

Table 1: table

$\Omega$

# Chapter 1

## Introduction

# Chapter 2

## Results

## Chapter 3

## Conclusion



# Bibliography

- CABRAL, F. G., MOREIRA, M. V. “Synchronous Codiagnosability of Modular Discrete-Event Systems”, *IFAC-PapersOnLine*, v. 50, n. 1, pp. 6831–6836, 2017.
- CABRAL, F. G., MOREIRA, M. V., DIENE, O., et al. “Petri net diagnoser for discrete event systems modeled by finite state automata”, *IEEE Transactions on Automatic Control*, v. 60, n. 1, pp. 59–71, 2015a.
- CABRAL, F. G., MOREIRA, M. V., DIENE, O. “Online fault diagnosis of modular discrete-event systems”. In: *Decision and Control (CDC), 2015 IEEE 54th Annual Conference on*, pp. 4450–4455. IEEE, 2015b.
- CASSANDRAS, C. G., LAFORTUNE, S. *Introduction to discrete event systems*. Springer Science & Business Media, 2009.
- DAVID, R., ALLA, H. L. *Du Grafet aux réseaux de Petri*. Hermes, 1989.
- FRANÇA, T. C. *Projeto de um sistema supervisório para uma planta mecatrônica de estocagem de Peças*. Projeto de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.
- JOURDAN, G., BOCHMANN, G. V. “On testing 1-safe Petri nets”. In: *2009 Third IEEE International Symposium on Theoretical Aspects of Software Engineering*, pp. 275–281. IEEE, 2009.
- KUMAR, R., TAKAI, S. “Comments on “Polynomial Time Verification of Decentralized Diagnosability of Discrete Event Systems” versus “Decentralized Failure Diagnosis of Discrete Event Systems”: Complexity Clarification”, *IEEE Transactions on Automatic Control*, v. 59, n. 5, pp. 1391–1392, 2014.
- LANCELLOTE JÚNIOR, F. P. *Automação de uma planta mecatrônica modelada por uma rede de petri interpretada para controle*. Projeto de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

- LUCIO, M. L. *Diagnóstico de falhas sincronizado de uma planta de manufatura*. Projeto de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.
- MOREIRA, M. V., LESAGE, J.-J. “Enhanced discrete event model for system identification with the aim of fault detection”, *IFAC-PapersOnLine*, v. 51, n. 7, pp. 160–166, 2018.
- MOREIRA, M. V., BASILIO, J. C., CABRAL, F. G. ““Polynomial Time Verification of Decentralized Diagnosability of Discrete Event Systems” Versus “Decentralized Failure Diagnosis of Discrete Event Systems: A Critical Appraisal”, *IEEE Transactions on Automatic Control*, v. 61, n. 1, pp. 178–181, 2016.
- OLIVEIRA, V. D. S. L. *Protocolo de comunicação profinet para redes de automação*. Projeto de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.
- VERAS, M. Z., CABRAL, F. G., MOREIRA, M. V. “Distributed Synchronous Diagnosability of Discrete-Event Systems”, *IFAC-PapersOnLine*, v. 51, n. 7, pp. 88–93, 2018.