



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.

XII, 19 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. 17 – 18.

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 amigas 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
List of Acronyms	xi
List of Symbols	xii
1 Examples	1
1.1 teste . . . . .	1
1.1.1 teste . . . . .	1
2 Introduction	14
3 Results	15
3.1 Teste . . . . .	15
4 Conclusion	16
Bibliography	17
A Complete Petri Net	19



# List of Figures

1.1	petri net example . . . . .	1
-----	-----------------------------	---

# List of Tables

1.1	Initialization Module Places. . . . .	2
1.2	Initialization Module Transitions. . . . .	3
1.3	Metal Half-cube Selection Module Places. . . . .	4
1.4	Metal Half-cube Selection Module Transitions. . . . .	5
1.5	Plastic Half-cube Selection Module Places. . . . .	6
1.6	Plastic Half-cube Selection Module Transitions. . . . .	7
1.7	Arm From Conveyor Belt to Press Module Places. . . . .	8
1.8	Arm From Conveyor Belt to Press Module Transitions. . . . .	8
1.9	Assembly Unit Module Places. . . . .	9
1.10	Assembly Unit Module Transitions. . . . .	9
1.11	Arm From Press To Storage Unit Module Places. . . . .	9
1.12	Arm From Press To Storage Unit Module Transitions. . . . .	10
1.13	Storage Unit (Y axis) Module Places. . . . .	10
1.14	Storage Unit (Y axis) Module Transitions. . . . .	11
1.15	Storage Unit (X axis) Module Places. . . . .	11
1.16	Storage Unit (X axis) Module Transitions. . . . .	12
1.17	Cube Storage Module Places. . . . .	12
1.18	Cube Storage Module Transitions. . . . .	13

# List of Acronyms

DAOCT

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

# List of Symbols

$\Omega$

Set of IO vectors, p. 1

# Chapter 1

## Examples

### 1.1 teste

#### 1.1.1 teste

teste

**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

$\Omega$

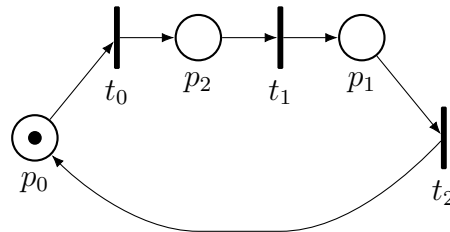


Figure 1.1: petri net example

Table 1.1: Initialization Module Places.

Places	Meaning
$p_0$	System Stopped
$p_1$	Retract MAG1's Cylinder *
$p_2$	MAG1's Cylinder Retracted
$p_3$	Retract MAG2's Cylinder *
$p_4$	MAG2's Cylinder Retracted
$p_5$	Retract Right Discharge Cylinder *
$p_6$	Right Discharge Cylinder Retracted
$p_7$	Retract Center Discharge Cylinder
$p_8$	Center Discharge Cylinder Retracted
$p_9$	Retract Left Discharge Cylinder *
$p_{10}$	Left Discharge Cylinder Retracted
$p_{11}$	Turn Conveyor Belt On (Reverse)
$p_{12}$	No Pieces On Conveyor Belt
$p_{13}$	Reset Variables <sup>1</sup>
$p_{14}$	Raise Press
$p_{15}$	Open Safety Door
$p_{16}$	Extend Assembly Unit Holder
$p_{17}$	Assembly Unit Ready
$p_{18}$	Arm Lowered and Retracted, and Storage Unit Retracted
$p_{19}$	Move Storage Unit to the Right
$p_{20}$	Storage Unit ready ( horizontal )
$p_{21}$	Move Storage Device Downwards
$p_{22}$	Storage Unit ready ( vertical )
$p_{23}$	Rotate Arm CCW
$p_{24}$	Arm Stopped
$p_{25}$	Rotate Arm CW e Turn HSC ON
$p_{26}$	Arm Stopped ( facing conveyor belt )
$p_{27}$	System Ready

---

<sup>1</sup>Counter Variables: HALFCUBECOUNTER, COUNTER1, COUNTER2, COUNTER3, COUNTER4, COUNTER5.

Table 1.2: Initialization Module Transitions.

Transitions	Meaning
$t_0$	Initialization Button
$t_1$	MAG1's Cylinder Retracted
$t_2$	MAG2's Cylinder Retracted
$t_3$	Right Discharge Cylinder Retracted
$t_4$	Center Discharge Cylinder Retracted
$t_5$	Left Discharge Cylinder Retracted
$t_6$	
$t_7$	T=15s
$t_8$	T=2.5s
$t_9$	Safety Door Opened
$t_{10}$	Assembly Unit Holder Extended
$t_{11}$	Storage Unit Retracted and Arm Lowered and Retracted
$t_{12}$	Storage Unit Right Limit Switch
$t_{13}$	Storage Unit Inferior Limit Switch
$t_{14}$	T=2s
$t_{15}$	Inductive Sensor Arm
$t_{16}$	T=1s
$t_{17}$	ARMCOUNTER = -1690
$t_{18}$	
$t_{19}$	Start Button

Table 1.3: Metal Half-cube Selection Module Places.

Places	Meaning
$p_{28}$	MAG1 Empty
$p_{29}$	MAG1 Not Empty
$p_{30}$	Extend MAG1's Cylinder *
$p_{31}$	Retract MAG1's Cylinder *
$p_{32}$	MAG1's Cylinder Retracted
$p_{33}$	Turn Conveyor Belt On
$p_{34}$	
$p_{35}$	Plastic Half-cube
$p_{36}$	Turn Conveyor Belt On
$p_{37}$	Extend Right Discharge Cylinder *
$p_{38}$	Retract Right Discharge Cylinder *
$p_{39}$	Turn Conveyor Belt On
$p_{40}$	Extend Center Discharge Cylinder *
$p_{41}$	Retract Center Discharge Cylinder *
$p_{42}$	
$p_{43}$	Metal Half-cube
$p_{44}$	Turn Conveyor Belt On
$p_{45}$	Extend Left Discharge Cylinder *
$p_{46}$	Retract Left Discharge Cylinder *
$p_{47}$	Turn Conveyor Belt On
$p_{48}$	Turn Conveyor Belt On
$p_{49}$	Metal Half-cube Ready
$p_{50}$	Conveyor Belt Stopped



Table 1.4: Metal Half-cube Selection Module Transitions.

Transitions	Meaning
$t_{20}$	$\overline{MAG1Empty}$
$t_{21}$	
$t_{22}$	MAG1 Horizontal estendido $\uparrow$
$t_{23}$	MAG1 Horizontal retraído $\uparrow$
$t_{24}$	T=0.5s
$t_{25}$	Presença $\uparrow$ T=0.5s
$t_{26}$	$\overline{\text{Sensor Metal}}$
$t_{27}$	Sensor Preto
$t_{28}$	Presença Pistão de D $\uparrow$
$t_{29}$	Sensor pistão de descarte D estendido
$t_{30}$	Sensor pistão de descarte D retraído
$t_{31}$	Sensor Branco
$t_{32}$	Presença Pistão de C $\uparrow$
$t_{33}$	Sensor pistão de descarte C estendido
$t_{34}$	Sensor pistão de descarte C retraído
$t_{35}$	Sensor Metal
$t_{36}$	Sensor peça concavidade para baixo
$t_{37}$	Presença Pistão de E $\uparrow$
$t_{38}$	Sensor pistão de descarte E estendido
$t_{39}$	Sensor pistão de descarte E retraído
$t_{40}$	
$t_{41}$	Sensor peça concavidade para cima
$t_{42}$	Sensor final da esteira $\uparrow$
$t_{43}$	T=0.5s
$t_{44}$	Sensor final da esteira $\downarrow$
$t_{45}$	

Table 1.5: Plastic Half-cube Selection Module Places.

Places	Meaning
$p_{51}$	Mag2 vazio
$p_{52}$	Mag2 com peça
$p_{53}$	Estender Mag2 Horizontal*
$p_{54}$	Retrair Mag2 Horizontal*
$p_{55}$	Mag2 Horizontal Retraído
$p_{56}$	Ligar esteira sentido normal
$p_{57}$	
$p_{58}$	Ligar esteira sentido normal
$p_{59}$	Estender Pistão de descarte E*
$p_{60}$	Retrair Pistão de descarte E*
$p_{61}$	Peça de Metal
$p_{62}$	Ligar esteira sentido normal
$p_{63}$	Estender Pistão de descarte D*
$p_{64}$	Retrair Pistão de descarte D*
$p_{65}$	Peça Branca
$p_{66}$	Ligar esteira sentido normal
$p_{67}$	Estender Pistão de descarte C*
$p_{68}$	Retrair Pistão de descarte C*
$p_{69}$	
$p_{70}$	Ligar esteira sentido normal
$p_{71}$	Ligar esteira sentido normal
$p_{72}$	Peça branca pronta
$p_{73}$	Esteira parada

Table 1.6: Plastic Half-cube Selection Module Transitions.

Transitions	Meaning
$t_{46}$	Sensor Chave de Presença de Peça Mag2
$t_{47}$	
$t_{48}$	Mag2 Horizontal estendido $\uparrow$
$t_{49}$	Mag2 Horizontal retraído $\uparrow$
$t_{50}$	T=0.5s
$t_{51}$	Presença $\uparrow$ T=0.5s
$t_{52}$	Sensor Metal
$t_{53}$	Presença Pistão de E $\uparrow$
$t_{54}$	Sensor pistão de descarte E estendido
$t_{55}$	Sensor pistão de descarte E retraído
$t_{56}$	$\overline{\text{Sensor Metal}}$
$t_{57}$	Sensor Preto
$t_{58}$	Presença Pistão de D $\uparrow$
$t_{59}$	Sensor pistão de descarte D estendido
$t_{60}$	Sensor pistão de descarte D retraído
$t_{61}$	Sensor Branco
$t_{62}$	Sensor peça concavidade para cima
$t_{63}$	Presença Pistão de C $\uparrow$
$t_{64}$	Sensor pistão de descarte C estendido
$t_{65}$	Sensor pistão de descarte C retraído
$t_{66}$	
$t_{67}$	Sensor peça concavidade para baixo
$t_{68}$	Sensor final da esteira $\uparrow$
$t_{69}$	T=0.5s
$t_{70}$	Sensor final da esteira $\downarrow$
$t_{71}$	

Table 1.7: Arm From Conveyor Belt to Press Module Places.

Places	Meaning
$p_{74}$	Estender verticalmente o braço
$p_{75}$	Estender vertical e horizontalmente o braço e Ligar o vácuo
$p_{76}$	Estender horizontalmente o braço e Ligar o vácuo
$p_{77}$	Estender vertical e horizontalmente o braço e Ligar o vácuo
$p_{78}$	Estender verticalmente o braço e Ligar o vácuo
$p_{79}$	Habilita HSC e Estender verticalmente o braço, Ligar o vácuo e Girar Braço no sentido horário
$p_{80}$	Estender vertical e horizontalmente o braço e Ligar o vácuo
$p_{81}$	Estender horizontalmente o braço e Ligar o vácuo
$p_{82}$	Estender horizontalmente o braço
$p_{83}$	Estender vertical e horizontalmente o braço
$p_{84}$	Estender verticalmente o braço
$p_{85}$	Habilita HSC e Estender verticalmente o braço e Girar Braço no sentido anti-horário
$p_{86}$	Estender Verticalmente o braço e HALFPIECECOUNTER:=HALFPIECECOUNTER+1

Table 1.8: Arm From Conveyor Belt to Press Module Transitions.

Transitions	Meaning
$t_{72}$	Sensor vertical braço estendido
$t_{73}$	T=1.5s
$t_{74}$	T=1.5s e Sensor vertical braço retraído
$t_{75}$	T=1.5s e Sensor vertical braço estendido
$t_{76}$	T=1.5s e Sensor vertical braço estendido
$t_{77}$	Count_300C.DB.CountVal = -3330
$t_{78}$	T=1.5s e Sensor vertical braço estendido
$t_{79}$	T=1.5s e Sensor vertical braço retraído
$t_{80}$	T=1.5s
$t_{81}$	T=1.5s e Sensor vertical braço estendido
$t_{82}$	HALFPIECECOUNTER0=1 e Sensor Hz prensa estendido e porta prensa aberta
$t_{83}$	T=1.5s e HALFPIECECOUNTER=0 e Sensor vertical braço estendido
$t_{84}$	Count_300C.DB.CountVal = -1690
$t_{85}$	

Table 1.9: Assembly Unit Module Places.

Places	Meaning
$p_{87}$	Retrair atuador horizontal prensa*
$p_{88}$	Fechar Porta prensa*
$p_{89}$	Estender atuador vertical prensa*
$p_{90}$	Retrair atuador vertical prensa*
$p_{91}$	Abrir Porta prensa*
$p_{92}$	Estender atuador horizontal prensa*
$p_{93}$	Cubo pronto
$p_{94}$	Estender horizontalmente o braço e Ligar Vácuo
$p_{95}$	Estender verticalmente o braço

Table 1.10: Assembly Unit Module Transitions.

Transitions	Meaning
$t_{86}$	T=1s e Sensor horizontal prensa retraído
$t_{87}$	T=1s e Sensor porta fechada
$t_{88}$	T=1s
$t_{89}$	T=1s
$t_{90}$	T=1s e sensor porta aberta
$t_{91}$	T=1s e sensor horizontal prensa estendido
$t_{92}$	
$t_{93}$	T=1.5s e Sensor horizontal do braço estendido

Table 1.11: Arm From Press To Storage Unit Module Places.

Places	Meaning
$p_{96}$	Estender horizontalmente o braço e Ligar Vácuo
$p_{97}$	Estender vertical e horizontalmente o braço e Ligar Vácuo
$p_{98}$	Resetar IEC <sub>COUNTER0</sub> *, estender verticalmente o braço e Ligar Vácuo
$p_{99}$	Habilita HSC e Estender verticalmente o braço, Ligar Vácuo e Girar o Braço no sentido hor
$p_{100}$	Estender vertical e horizontalmente o braço e Ligar Vácuo
$p_{101}$	Estender horizontalmente o braço e Ligar Vácuo
$p_{102}$	Estender horizontalmente o braço
$p_{103}$	Estender vertical e horizontalmente o braço
$p_{104}$	Girar o braço no sentido anti-horário
$p_{105}$	Braço parado
$p_{106}$	Habilita HSC e Girar o braço no sentido horário
$p_{107}$	Braço na esteira

Table 1.12: Arm From Press To Storage Unit Module Transitions.

Transitions	Meaning
$t_{94}$	T=1.5s e Sensor vertical braço retraído
$t_{95}$	Sensor vertical braço estendido, Fim de curso inferior e direito armazenador
$t_{96}$	
$t_{97}$	Count_300C.DB.CountVal = -4920
$t_{98}$	T=2s
$t_{99}$	T=2s
$t_{100}$	Sensor vertical braço retraído
$t_{101}$	Sensor vertical braço estendido, Fim de curso inferior e direito armazenador
$t_{102}$	Sensor indutivo do braço
$t_{103}$	T=1s
$t_{104}$	Count_300C.DB.CountVal = -1690

Table 1.13: Storage Unit (Y axis) Module Places.

Places	Meaning
$p_{108}$	Cubo On Storage Unit
$p_{109}$	Move Storage Unit to the Right
$p_{110}$	
$p_{111}$	Move Storage Unit Upwards
$p_{112}$	Move Storage Unit Upwards
$p_{113}$	Move Storage Unit Upwards
$p_{114}$	Move Storage Unit Upwards
$p_{115}$	COUNTER3:=COUNTER3+1
$p_{116}$	RESET COUNTER3*
$p_{117}$	

Table 1.14: Storage Unit (Y axis) Module Transitions.

Transitions	Meaning
$t_{105}$	T=2s
$t_{106}$	T=2s
$t_{107}$	COUNTER2=0
$t_{108}$	COUNTER3=4
$t_{109}$	Vertical Encoder
$t_{110}$	COUNTER2=1
$t_{111}$	COUNTER3=3
$t_{112}$	Vertical Encoder
$t_{113}$	COUNTER2=2
$t_{114}$	COUNTER3=2
$t_{115}$	Vertical Encoder
$t_{116}$	COUNTER2=3
$t_{117}$	COUNTER3=1
$t_{118}$	Vertical Encoder
$t_{119}$	
$t_{120}$	

Table 1.15: Storage Unit (X axis) Module Places.

Places	Meaning
$p_{118}$	COUNTER1:=COUNTER1+1 e COUNTER4:=COUNTER4+1
$p_{119}$	Move Storage Unit to the Left
$p_{120}$	Move Storage Unit to the Left
$p_{121}$	Move Storage Unit to the Left
$p_{122}$	Move Storage Unit to the Left
$p_{123}$	Move Storage Unit to the Left
$p_{124}$	Move Storage Unit to the Left
$p_{125}$	Move Storage Unit to the Left
$p_{126}$	COUNTER5:=COUNTER5+1
$p_{127}$	Reset COUNTER5*
$p_{128}$	Reset COUNTER4* , COUNTER2:=COUNTER2+1
$p_{129}$	

Table 1.16: Storage Unit (X axis) Module Transitions.

Transitions	Meaning
$t_{121}$	COUNTER4=1
$t_{122}$	COUNTER5=1
$t_{123}$	Horizontal Encoder
$t_{124}$	COUNTER4=2
$t_{125}$	COUNTER5=2
$t_{126}$	Horizontal Encoder
$t_{127}$	COUNTER4=3
$t_{128}$	COUNTER5=3
$t_{129}$	Horizontal Encoder
$t_{130}$	COUNTER4=4
$t_{131}$	COUNTER5=4
$t_{132}$	Horizontal Encoder
$t_{133}$	COUNTER4=5
$t_{134}$	COUNTER5=5
$t_{135}$	Horizontal Encoder
$t_{136}$	COUNTER4=6
$t_{137}$	COUNTER5=8
$t_{138}$	Horizontal Encoder
$t_{139}$	COUNTER4=7
$t_{140}$	COUNTER5=9
$t_{141}$	Horizontal Encoder
$t_{142}$	
$t_{143}$	
$t_{144}$	

Table 1.17: Cube Storage Module Places.

Places	Meaning
$p_{130}$	Extend horizontalmente armazenador
$p_{131}$	Estender horizontalmente armazenador e mover armazenador para baixo
$p_{132}$	Estender horizontalmente armazenador
$p_{133}$	Piece Stored
$p_{134}$	Move Storage Unit to the Right
$p_{135}$	Storage Unit Ready ( horizontal )
$p_{136}$	Move Storage Unit Downwards
$p_{137}$	Storage Unit Ready ( vertical )
$p_{138}$	
$p_{139}$	Storage Unit Ready



Table 1.18: Cube Storage Module Transitions.

Transitions	Meaning
$t_{145}$	T=2s
$t_{146}$	T=3s
$t_{147}$	T=0.25s
$t_{148}$	T=3s
$t_{149}$	T=7s
$t_{150}$	Storage Unit Right Limit Switch
$t_{151}$	Storage Unit Inferior Limit Switch
$t_{152}$	
$t_{153}$	COUNTER1<28
$t_{154}$	COUNTER1=28

## Chapter 2

### Introduction

# Chapter 3

## Results

### 3.1 Teste

## Chapter 4

## 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 Grafcet aux réseaux de Petri*. Hermes, 1989.
- FRANÇA, T. C. *Projeto de um sistema supervisorio 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.

- LANCELOTE 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.

Appendix A

Complete Petri Net

