



# **Formalization and Runtime Verification of Invariants for Robotic Systems**

Ricardo Jorge Dias Cordeiro

**Mestrado em Engenharia Informática**  
Especialização em Interação e Conhecimento

Versão Provisória

Dissertação orientada por:  
Alcides Miguel Cachulo Aguiar Fonseca  
Se aplicável, nome completo do segundo orientador



## Agradecimentos

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id quod mazim placerat facer possim assum. Typi non habent claritatem insitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem. Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dynamicus, qui sequitur mutationem consuetudinum lectorum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima. Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari, fiant sollemnes in futurum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id quod mazim placerat facer possim assum. Typi non habent claritatem insitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem. Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius quod ii legunt saepius.



*Dedicatória*



## Resumo

Os documentos escritos em português devem ter um resumo em português e um resumo noutra língua comunitária que contenham até 300 palavras cada. Num trabalho final escrito em língua estrangeira, este deve ser acompanhado de um resumo em português entre 1200 e 1500 palavras.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id quod mazim placerat facer possim assum. Typi non habent claritatem insitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem. Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius quod ii legunt saepius. Claritas est etiam processus dynamicus, qui sequitur mutationem consuetudinum lectorum. Mirum est notare quam littera gothica, quam nunc putamus parum claram, anteposuerit litterarum formas humanitatis per seacula quarta decima et quinta decima. Eodem modo typi, qui nunc nobis videntur parum clari, fiant sollemnes in futurum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi. Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id quod mazim placerat facer possim assum. Typi non habent claritatem insitam; est usus legentis in iis qui facit eorum claritatem. Investigationes demonstraverunt lectores legere me lius quod ii legunt saepius.

**Palavras-chave:** Máximo de 5 palavras-chave separadas por vírgulas.





## Abstract

Abstract in English here (max 300 words)!

**Keywords:** Maximum of 5 keywords separated by commas.



# Contents

|   |             |
|---|-------------|
| <b>List of Figures</b>                  | <b>xiii</b> |
| <b>List of Tables</b>                   | <b>xv</b>   |
| <b>Listings</b>                         | <b>xvii</b> |
| <b>1 Introduction</b>                   | <b>1</b>    |
| 1.1 Motivation . . . . .                | 1           |
| 1.2 Problem Statement . . . . .         | 1           |
| 1.3 Objectives . . . . .                | 2           |
| 1.4 Contributions . . . . .             | 2           |
| 1.5 Structure of the document . . . . . | 3           |
| <b>2 Background &amp; Related Work</b>  | <b>5</b>    |
| <b>3 Proposed Approach</b>              | <b>7</b>    |
| <b>References</b>                       | <b>11</b>   |



# List of Figures



# List of Tables





# Listings



# Chapter 1

## Introduction

Robotics already have a great impact in our current society so, the quality of software used by robots should be of extreme importance for us. Robot software as well as the techniques used to test their quality are very specific to the field and differ a lot from the norm. Automatic tests are barely used in robotics due to multiple factors. The intention is then to create a tool that will promote the safe and reliable execution of automatic tests. This tool will contemplate both a descriptive high-level language that should capture certain properties of a robot and a way to create test scenarios.

### 1.1 Motivation

Currently, robots are vastly used industrially (medicine, agriculture, etc.) or as a form of leisure (contests, personal use, etc.). The tendency is for robot usage to keep growing at a global level. Robot tasks tend to be repetitive and/or rather specific. Robot software also tends to be quite different from conventional software. The Cyber-Physical systems of robots are non-deterministic and unreliable. One reason is the fact that robots interact directly with their environment. A sensor can return imprecise values since the environment itself can be very hard to predict. As a result, the notion that a task or movement is correct is really hard for a robot to conceive.

Alcides Miguel Cachulo Aguiar Fonseca Falas em testes automáticos, mas deverias primeiro identificar soluções para evitar isto. Introduzir primeiro testes, depois testes automáticos.

Consequentemente testes automáticos são difíceis de realizar nesta área, de facto atualmente a grande maioria dos testes realizados em robôs necessitam de supervisão humana seja o teste feito no mundo real ou numa simulação, identifica-se assim que existe um espaço para melhoramento na área de testes para robôs através de testes automáticos otimizados com o objectivo de melhorar a qualidade destes sistemas.

### 1.2 Problem Statement

There are multiple challenges in robot testing, costs, complexity, hardware integration, among others. When planning on how to test a robot there are tradeoffs between the different choices to make given into account all the challenges. While tests using simulations are a promising

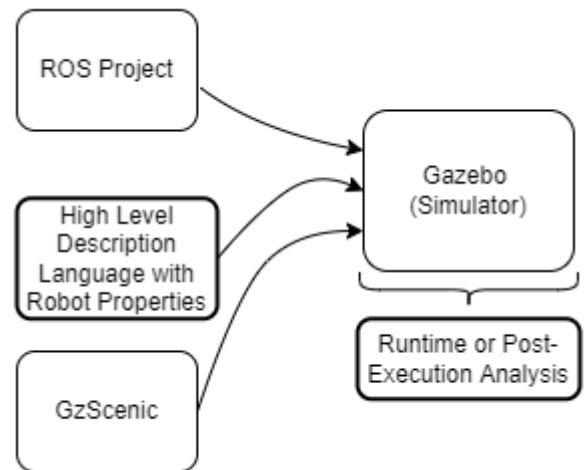
approach for automation there is still distrust in the precision and validity of the results. This means, although dangerous and sometimes expensive real-life robot testing is still the prime choice. Be the tests done in the real world or resorting to simulation, human supervising will most likely still be necessary. This is because identifying if a robot fulfills an expected behavior is really hard for the robot itself. For this reason, automatic tests in the robotics field are hardly reliable and hard to implement. The resulting product is a lack of quality in the software across projects [2].

### 1.3 Objectives

This work has the objective of showing the potencial of automatic tests in robotics and of simplifying their execution. With this in mind, the proposal is to create a mechanism that can be able to monitor certain components of the robot during or after a test execution.

Alcides Miguel Cachulo Aguiar FonsecaQuereres arbitrários em vez de aleatórios. Acho que devias começar com o desenho de uma linguagem de alto nível para especificação de propriedades de sistemas robóticos. Depois um compilador que traduzia essa linguagem num mecanismo de monitorização. Mas a linguagem devia ser o ponto inicial. Acho que falar do GZScenic ainda não é relevante aqui.

Estes componentes do robô não serão aleatórios mas sim definidos com a ajuda de uma nova linguagem de alto nível, o objectivo é conseguir-se descrever as propriedades do robô com ajuda desta linguagem, deste modo se o robô não seguir as propriedades definidas durante um teste o seu comportamento não será correcto. Será também preciso criar cenários de teste específicos e aleatórios para o robô de uma forma automática, já existindo uma linguagem para este efeito



(GzScenic) [1] pode-se tirar partido da mesma.

Alcides Miguel Cachulo Aguiar FonsecaA imagem devia estar como uma figura. A parte do GzScenic ainda não é relevante. Falta uma legenda dos vários tipos de componentes da imagem. Alcides Miguel Cachulo Aguiar FonsecaNeste ponto ainda não apresentaste o ROS. Acho relevante dar uma pequena introdução ao que é, para se perceber aqui o esquema.

### 1.4 Contributions

The expected contributions of this thesis are below enumerated.

1. Definition of a descriptive high-level language to specify robots properties.
2. A compiler for the language that can be used for monitoring.
3. After evaluating the capability of the solution. Model multiple relevant problems in robotics.

## **1.5 Structure of the document**

The document is organized as follows:

- Section 1...
- Section 2...
- Section 3...



## Chapter 2

# Background & Related Work

Brief paragraph introducing the chapter.





## Chapter 3

# Proposed Approach

This is an example of a citation [\[3\]](#).



# Appendix A



# Bibliography

- [1] Afsoon Afzal. Gzscenic: Automatic scene generation for gazebo simulator. .
- [2] Afsoon Afzal. A study on challenges of testing robotic systems. .
- [3] Alan M. Turing. Computing machinery and intelligence. In Margaret A. Boden, editor, *The Philosophy of Artificial Intelligence*, Oxford readings in philosophy, pages 40–66. Oxford University Press, 1990.