

# Universidad Autónoma de Madrid

## Escuela Politécnica Superior



Double Degree in Computer Science and Mathematics

## TRABAJO DE FIN DE GRADO

PRUEBAS DE PRIMER ORDEN DE PROGRAMAS  
CONCURRENTES

Víctor de Juan Sanz  
Tutor: César Sánchez Sánchez  
Ponente: Juan de Lara

9 de diciembre de 2015



# Universidad Autónoma de Madrid

## Escuela Politécnica Superior



Doble Grado en Ingeniería Informática y Matemáticas

## BACHELOR WORK

FIRST ORDER PROOFS FOR CONCURRENT PROGRAMS

Víctor de Juan Sanz  
Tutor: César Sánchez Sánchez  
Ponente: Juan de Lara

December 9, 2015



# **PRUEBAS DE PRIMER ORDEN DE PROGRAMAS CONCURRENTES**

Autor: Víctor de Juan Sanz  
Tutor: César Sánchez Sánchez  
Ponente: Juan de Lara

Computer Science  
Escuela Politécnica Superior  
Universidad Autónoma de Madrid

December 9, 2015



# FIRST ORDER PROOFS FOR CONCURRENT PROGRAMS

Author: Víctor de Juan Sanz  
Tutor: César Sánchez Sánchez  
Ponente: Juan de Lara

Computer Science  
Escuela Politécnica Superior  
Universidad Autónoma de Madrid

December 9, 2015





# Agradecimientos

TODO: Agradecimientos.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Phasellus laoreet dolor at sodales porta. Morbi facilisis hendrerit lacus vel sollicitudin. Aenean eleifend urna metus, eget vestibulum libero dictum tincidunt. Curabitur quis ultricies lorem. Duis ultricies, eros eget condimentum pharetra, tellus eros lobortis nulla, vel mattis nibh dui et felis. Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus. Nam non lorem et ligula condimentum molestie. Fusce quis dolor non metus suscipit commodo. Praesent vel pulvinar lectus. Nullam ac dui eget magna accumsan volutpat. Aliquam sed purus quis lorem dictum rutrum auctor eu enim. Pellentesque a urna ac ligula cursus lacinia. Aenean sodales justo massa, vel imperdiet justo imperdiet ut. Nulla euismod pulvinar arcu eu convallis. Vivamus a tempus nunc, et vulputate nulla.

Sed dapibus aliquam imperdiet. Vivamus est quam, fermentum vitae augue id, ultricies tincidunt massa. Praesent tincidunt ex sem, ut aliquet nulla imperdiet eu. Duis ac ultricies lorem. Aenean consequat ipsum nec arcu aliquam, sit amet interdum quam tempus. In justo odio, bibendum vel nulla nec, aliquet tristique justo. In vel metus ut libero suscipit ultricies.

Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Proin urna elit, iaculis id quam at, pretium laoreet ipsum. Phasellus ultricies faucibus ex et eleifend. Quisque facilisis erat dolor, ac rhoncus erat convallis et. Aliquam semper eleifend imperdiet. Sed eros ipsum, sagittis in pellentesque vel, vestibulum a augue. Duis sapien mauris, fringilla a tortor ut, sollicitudin volutpat nunc. Pellentesque vestibulum vel arcu in molestie. Nullam fermentum dolor luctus metus efficitur pulvinar. Pellentesque risus enim, tempus id ullamcorper in, maximus id nisl. Cras rhoncus consequat augue eu gravida. Ut efficitur mauris vitae orci dignissim sagittis. Suspendisse vitae massa eget nunc bibendum interdum.

Vivamus congue tellus nec lobortis feugiat. Nam hendrerit ullamcorper tempus. Proin maximus, lacus at tempor pellentesque, sem nisi facilisis lorem, sagittis tristique mauris dui at est. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Mauris pellentesque lobortis leo, ac dictum urna tempus id. Curabitur sed ante leo. Proin laoreet nisi nec dictum auctor. Mauris lacinia erat ut massa viverra, nec tempus metus elementum. Cras ut blandit justo, in pretium massa. In hac habitasse platea dictumst. Donec malesuada viverra quam, in ultricies libero. Phasellus finibus velit in sem tempus mattis at tristique ligula.

---

*“TODO: Cita relevante”* TODO: Autor de la cita

# Abstract

## ***Abstract*** —

We study the uniform verification problem for infinite state processes. The problem consists of proving the parallel composition of an arbitrary number of processes running the same program satisfies a temporal property. The linked list theory with insert,remove and search procedure in a most general client is the selected theory to be proven.

Those proofs can be done using first order logic or model checking. The approach chosen by Alejandro Sánchez and César Sánchez in [1] was model searching. This work has been developed to complement Alejandro Sanchez Thesis by proving some of the theories they used with first order logic.

***Key words*** — TODO: Palabras clave en inglés, separadas por coma.



# Resumen

## *Resumen* —

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aliquam malesuada libero auctor sapien volutpat, sed fringilla enim tristique. Aliquam varius lorem in risus tempus egestas. Aenean accumsan elementum diam vel commodo. Nulla lectus sapien, finibus ac mauris non, efficitur venenatis felis. Donec at rutrum dolor, a lobortis arcu. In fermentum hendrerit bibendum. Phasellus eget arcu quam. Maecenas vulputate sapien eu dictum pulvinar. Suspendisse sit amet neque a turpis efficitur dapibus ut et turpis.

Vestibulum commodo faucibus tellus vitae consequat. Donec purus enim, hendrerit vitae feugiat sed, sagittis in tortor. Duis sed ex non ligula cursus dapibus. Etiam pellentesque suscipit dolor, vel facilisis est ornare sed. Nullam eleifend tellus non elementum efficitur. Donec semper felis ac porttitor ultricies. Vestibulum sodales justo nisl, in egestas lacus egestas nec. Fusce faucibus felis lacus, sit amet placerat justo porta vitae. Nullam volutpat viverra lorem quis euismod. Duis felis erat, dictum et sem vitae, fringilla ultrices dui. Morbi mattis arcu at orci accumsan facilisis. Aenean tortor velit, hendrerit id vulputate ac, sagittis nec libero. Donec elementum dolor orci, a mattis augue lobortis nec. Suspendisse vulputate, diam vel accumsan pellentesque, ex purus volutpat ipsum, vel luctus urna sem non turpis. Donec vitae molestie odio.

Donec lobortis, eros non sodales dapibus, ex eros sollicitudin tortor, ut vulputate massa nibh sit amet ipsum. Sed a lectus eu diam pretium vestibulum. Pellentesque finibus, felis ac finibus vulputate, libero mauris placerat nulla, ut vestibulum ante metus ut neque. Aliquam tempus tortor ac mauris pulvinar iaculis. Vivamus pretium id libero sed tempus. Donec tincidunt turpis tempor vehicula egestas. Vestibulum elementum, urna non tincidunt tempus, risus ipsum posuere felis, ac suscipit diam nunc et neque. Vestibulum faucibus leo vel nibh tempor tincidunt. Nullam nunc augue, aliquet in congue nec, gravida at risus. Proin semper iaculis nisi vitae imperdiet. Suspendisse sed risus feugiat, dapibus sapien quis, pulvinar turpis.

***Palabras clave*** — TODO: Palabras clave en español, separadas por coma.



# Glosario

**bitstream** En este contexto se refiere al binario que configura el Hardware de la FPGA.

17





# Acrónimos

**FPGA** Field-Programmable Gate Array. 17



# Contents

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1.1	Alcance . . . . .	1
1.2	Estructura del documento . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Art state</b>	<b>3</b>
2.1	Preliminaries . . . . .	3
2.1.1	Program invariants . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Diseño</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Resultados</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>11</b>
	<b>Bibliography</b>	<b>13</b>
	<b>Apéndices</b>	<b>15</b>
<b>A</b>	<b>Ejemplos de bloques y comandos útiles en LaTeX</b>	<b>17</b>
A.1	Ejemplo de sección . . . . .	17



## List of Tables



# List of Figures

A.1	Logo de la Universidad Autónoma de madrid. . . . .	18
-----	--	----





# 1

## Introducción

TODO: Introducción del trabajo/proyecto

### 1.1 Alcance

TODO: Alcance del trabajo/proyecto

### 1.2 Estructura del documento

TODO: Descripción de la estructura del documento



# 2

## Art state

### 2.1 Preliminaries

#### 2.1.1 Program invariants



# 3

## Diseño

TODO: Diseño del proyecto



# 4

## Desarrollo

TODO: Desarrollo del proyecto





# 5

## Resultados

TODO: Pruebas y resultados



# 6

## Conclusiones

TODO: Conclusiones sobre el trabajo realizado



# Bibliography

- [1] *Internet Protocol*. Departament of Defense, 1981. URL: <http://tools.ietf.org/html/rfc791>.



# Apéndices







# Ejemplos de bloques y comandos útiles en LaTeX

## A.1 Ejemplo de sección

La DARPA creó el protocolo de Internet [1].

Citamos el acrónimo Field-Programmable Gate Array (FPGA).

Bitstream es una secuencia de bits.

La figura A.1 se utiliza en la portada.



Figure A.1: Logo de la Universidad Autónoma de madrid.

Código A.1: Algoritmo de ordenación Quicksort

```
#include <stdio.h>

void quick_sort (int *a, int n) {
    int i, j, p, t;
    if (n < 2)
        return;
    p = a[n / 2];
    for (i = 0, j = n - 1;; i++, j--) {
        while (a[i] < p)
            i++;
        while (p < a[j])
            j--;
        if (i >= j)
            break;
        t = a[i];
        a[i] = a[j];
        a[j] = t;
    }
    quick_sort(a, i);
    quick_sort(a + i, n - i);
}
```

---

```
#include <stdio.h>

void quick_sort (int *a, int n) {
    int i, j, p, t;
    if (n < 2)
        return;
    p = a[n / 2];
    for (i = 0, j = n - 1;; i++, j--) {
        while (a[i] < p)
            i++;
        while (p < a[j])
            j--;
        if (i >= j)
            break;
        t = a[i];
        a[i] = a[j];
        a[j] = t;
    }
    quick_sort(a, i);
    quick_sort(a + i, n - i);
}
```

---

La ecuación de Euler ( $e^{\pm i\theta} = \cos \theta \pm i \sin \theta$ ) es citada frecuentemente como un ejemplo de belleza matemática.

$$a^2 + b^2 = c^2 \tag{A.1}$$