

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE MAESTRÍA EN SISTEMAS EMBEBIDOS



MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

**Sistema ferroviario de enclavamiento
electrónico en FPGA**

Autor:
Martín Nicolás Menéndez

Director:
Ariel Lutenberg (CONICET-FIUBA)
Codirector:
Facundo Larosa (UTN)

Jurados:
Nombre del jurado 1 (pertenencia)
Nombre del jurado 2 (pertenencia)
Nombre del jurado 3 (pertenencia)

*Este trabajo fue realizado en las Ciudad Autónoma de Buenos Aires, entre marzo
de 2019 y abril de 2020.*

Resumen

Un enclavamiento es un sistema ferroviario que controla automáticamente que los cambios en las rutas se gestionen de forma segura, evitando choques y descarrilamientos de trenes. En base al análisis de sistemas de enclavamientos comerciales se propuso un enfoque de desarrollo para el diseño y la implementación en tecnología FPGA. Se aplicaron técnicas apropiadas para lograr el nivel de seguridad requerido y se analizó la escalabilidad del diseño para dicha plataforma.

Para el desarrollo del trabajo resultó necesario aplicar conocimientos en lenguajes de descripción de hardware para la implementación del sistema sobre plataforma de lógica programable. Además, se trabajó el firmware bajo control de versiones y se aplicó el modelo de máquinas de estados finitos para la lógica del sistema. Se documentan las estrategias de testing adoptadas para validar los módulos. Finalmente, fueron fundamentales los conocimientos de sistemas críticos y ferroviarios.

Agradecimientos

Esta sección es para agradecimientos personales y es totalmente **OPCIONAL**.

Índice general

Resumen	III
1. Introducción General	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos y requerimientos	1
2. Introducción Específica	3
2.1. Definición de enclavamientos	3
2.2. Elementos ferroviarios	3
2.3. Topologías típicas	3
2.4. Enfoque funcional	3
2.5. Enfoque geográfico	3
3. Diseño e Implementación	5
3.1. Consideraciones generales	5
3.2. Generación automática	5
3.3. Módulo de nodos	5
3.4. Módulo de cambios	5
3.5. Módulo de red	5
3.6. Módulo de separador y mediador	5
3.7. Módulo de detector, registro y selector	5
3.8. Módulo de comunicación UART	5
4. Ensayos y Resultados	7
4.1. Validación de grafos	7
4.2. Validación del nodo	7
4.3. Validación de la máquina de cambios	7
4.4. Validación de la red	7
4.5. Validación de la UART	7
4.6. Validación del sistema	7
5. Conclusiones	9
5.1. Conclusiones generales	9
5.2. Próximos pasos	9

Índice de figuras

Índice de Tablas

Dedicado a... [OPCIONAL]

Capítulo 1

Introducción General

1.1. Introducción

1.2. Objetivos y requerimientos

Capítulo 2

Introducción Específica

2.1. Definición de enclavamientos

2.2. Elementos ferroviarios

2.3. Topologías típicas

2.4. Enfoque funcional

2.5. Enfoque geográfico

Capítulo 3

Diseño e Implementación

3.1. Consideraciones generales

3.2. Generación automática

3.3. Modulo de nodos

3.4. Módulo de cambios

3.5. Módulo de red

3.6. Módulo de separador y mediador

3.7. Módulo de detector, registro y selector

3.8. Módulo de comunicación UART

Capítulo 4

Ensayos y Resultados

- 4.1. Validación de grafos**
- 4.2. Validación del nodo**
- 4.3. Validación de la máquina de cambios**
- 4.4. Validación de la red**
- 4.5. Validación de la UART**
- 4.6. Validación del sistema**

Capítulo 5

Conclusiones

5.1. Conclusiones generales

5.2. Próximos pasos

Acá se indica cómo se podría continuar el trabajo más adelante.