



TRABALLO FIN DE GRAO
GRAO EN ENXEÑARÍA INFORMÁTICA
MENCIÓN EN ENXEÑARÍA DE COMPUTADORES



Simulador de RISC-V empregando SystemC

Estudante: Hugo Mato Cancela

Dirección: Roberto Rodríguez Osorio

A Coruña, xuño de 2025.

Dedicatoria

Agradecementos

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Resumo

RISC-V é unha nova arquitectura libre para procesadores programables. Está chamada a competir con outras arquitecturas máis establecidas como ARM en moitos ámbitos tecnolóxicos. Ademais de que as especificacións de RISC-V son abertas, a principal vantaxe desta arquitectura é que cubre desde as implementacións máis sinxelas para sistemas embarcados, ata as máis potentes para cálculo científico e multimedia. Todo isto é posible mediante a especificación de moitas das características máis avanzadas como extensións ás arquitecturas básicas.

A implementación dun procesador require previamente dun modelado e simulación que garantan que o funcionamento final vai ser o correcto.

Neste traballo, pártese dun modelo da versión básica RV32I realizada en SystemC. A única extensión implementada é a multiplicación para enteiros. O obxectivo desde proxecto é modelar e simular extensións adicionais ata chegar ao coñecido como nivel G.

Abstract

Hello, here is some text without a meaning. This text should show what a printed text will look like at this place. If you read this text, you will get no information. Really? Is there no information? Is there a difference between this text and some nonsense like “Huardest gefburn”? Kjift – not at all! A blind text like this gives you information about the selected font, how the letters are written and an impression of the look. This text should contain all letters of the alphabet and it should be written in of the original language. There is no need for special content, but the length of words should match the language.

Palabras chave:

- RISC-V
- Simulador
- SystemC
- Procesador
- Arquitectura
- Extensións
- C++

Keywords:

- First itemtext
- Second itemtext
- Last itemtext
- First itemtext
- Second itemtext
- Last itemtext
- First itemtext

Índice Xeral

1	Introdución	1
1.1	Motivación	1
1.2	Obxectivos	1
1.3	Metodoloxía	2
1.4	Contida da memoria	2
2	Contido demostrativo	3
2.1	Inclusión de imaxes	3
2.1.1	Inclusión de varias sub-imaxes	3
2.2	Inclusión de táboas	5
2.3	Inclusión de código fonte	7
2.4	Uso da relación de acrónimos e do glosario	8
3	Conclusións	9
A	Material adicional	12
	Relación de Acrónimos	14
	Glosario	15
	Bibliografía	16

Índice de Figuras

2.1	Pé de imaxe descritivo	3
2.2	Pé de imaxe xeral	4

Índice de Táboas

2.1	Pé de táboa descritivo	5
2.2	Pé descritivo dunha táboa longa	5

Capítulo 1

Introdución

ESTE proxecto busca crear un simulador de RISC-V empregando a librería SystemC en C++. Ao longo desta memoria describiranse as etapas de execución, os distintos módulos e a motivación destes así como as extensións.

1.1 Motivación

RISC-V apunta a ser unha das arquitectura máis empregadas nun futuro, xa que é libre, permitindo aforrar o custo de licenzas. Grazas a que se pode modificar, engadindo ou eliminando funcionalidades, isto permite que abarque múltiples sectores, dende chips máis sinxelos orientados a IoT, ata competir con ARM en sistemas embebidos.

Durante o proceso de deseño, unha parte clave é a verificación do correcto funcionamento. REFES AQUI Se ben é posible crear un chip con cada versión, na práctica debido aos longos tempos e altos custos é inviable. Ahí é onde un simulador toma protagonismo, xa que permite probar de forma rápida, simple e barata os deseños creados.

1.2 Obxectivos

Os obxectivos deste proxecto son modelar e simular, usando SystemC, as seguintes extensións da arquitectura RV32I:

- multiplicación e división por números enteiros (extensión M)
- aritmética en punto flotante de simple (extensión F)
- operacións atómicas (extensión A)
- xestión de rexistros de control e estado (extensión Zicsr)
- sincronización de escritura de instrucións (extensión Zifencei)

O modelado será totalmente parametrizable, permitindo especificar a latencia das diferentes instrucións. Tamén permitirá especificar o número de canles de execución para as unidades de enteiros a punto flotante, e se estes están ou non totalmente segmentados.

Desta maneira, a simulación permitirá comparar o rendemento de, por exemplo, unha implementación na que multiplicador e divisor comparten circuítos, cunha na que ambos son independentes, e tamén comparar un divisor totalmente segmentado con un que non o sexa.

Os resultados do modelado e a simulación son dous: verificar o correcto funcionamento da arquitectura, e comprobar o seu rendemento.

1.3 Metodoloxía

O método de traballo será incremental, dividindo as tarefas en partes independentes que van ser implementadas, simuladas e verificadas por orden de complexidade antes de proceder coa seguinte.

O procedemento habitual é unha reunión semanal na que se revisa o feito na semana anterior, acompañado de probas cos tests correspondentes para esa parte. Despois, decídese cal é o seguinte paso, podendo ser a implementación dunha nova extensión ou modificar un módulo do simulador.

1.4 Contida da memoria

Texto aquí :)

Contido demostrativo

ENTRE a introdución e as conclusións, o documento conterá tantos capítulos como sexa preciso, sempre con coidado de non rebasar o límite de 80 páxinas fixado polo regulamento de TFGs.

Empregaremos éste de xeito demostrativo, para ilustrar o uso de elementos habituais que poidan ser de utilidade¹.

2.1 Inclusión de imaxes

Se precisamos imaxes no noso documento, incluíremolas do xeito que se indica na figura 2.1 (páxina 3). Se o facemos así, \LaTeX ubicará cada imaxe no mellor lugar posible, lugar que pode variar a medida que o documento vaia crescendo coa inclusión de máis texto e outros elementos (máis imaxes, táboas, etc.).



Figura 2.1: Pé de imaxe descritivo

Recoméndase almacenar os ficheiros gráficos no directorio `images`.

2.1.1 Inclusión de varias sub-imaxes

Se precisamos inserir imaxes relacionadas, pode ser apropiado incluílas como sub-figuras, do xeito que se pode apreciar na figura 2.2 coas imaxes 2.2a e 2.2b. Como se pode ver nos exemplos desta sección, sempre é recomendable referirse ás imaxes pola súa referencia, xa que dese xeito non dependemos de onde queden ubicados os elementos en cuestión.

¹ Por exemplo, isto é unha nota a pé de páxina.

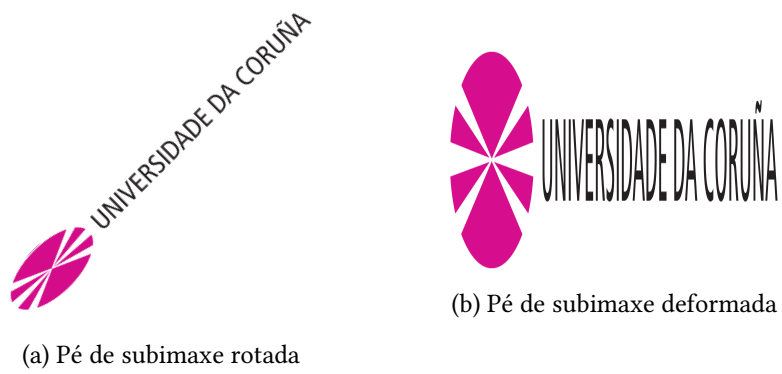


Figura 2.2: Pé de imaxe xeral

2.2 Inclusión de táboas

Se precisamos táboas no noso documento, incluíremolas do xeito que se indica na táboa 2.1 (páxina 5). Se o facemos así, \LaTeX ubicará cada táboa no mellor lugar posible, lugar que pode variar a medida que o documento vaia crescendo coa inclusión de máis texto e outros elementos (máis imaxes, táboas, etc.).

Título de columna	Outro título de columna
<i>Título de fila</i>	Contido de celda
<i>Título de fila</i>	Contido de celda
<i>Título de fila</i>	Contido de celda
<i>Título de fila</i>	Contido de celda
<i>Título de fila</i>	Contido de celda
<i>Título de fila</i>	Contido de celda

Táboa 2.1: Pé de táboa descritivo

Para táboas longas que ocupan varias páxinas, como é o caso da 2.2, recoméndase o uso do paquete `lontable`, descomentando a liña correspondente no ficheiro raíz do proxecto (`memoria_tfg.tex`).

Táboa 2.2: Pé descritivo dunha táboa longa

Primeira columna	Segunda columna	Terceira columna
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778

..... (continúa na páxina seguinte)

[illegible]

6

Táboa 2.2 – (vén da páxina anterior)

Primeira columna	Segunda columna	Terceira columna
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778
Texto de exemplo	abcdef ghijklmn	123.456778

2.3 Inclusión de código fonte

Se precisamos incluír fragmentos de código fonte, podemos facelo, por exemplo, da seguinte maneira:

```

1 #include <stdio.h>
2 #define N 10
3
4 int main()
5 {
6     int i;
7
8     // Isto é un comentario
9     puts("Ola, mundo!");
10
11    for (i = 0; i < N; i++)
12    {
13        puts("LaTeX é a ferramenta de edición ideal para profesionais
14           da informática!");
15    }
16    return 0;
17 }
```

2.4 Uso da relación de acrónimos e do glosario

Os acrónimos edítanse no ficheiro `bibliografia/acronimos.tex` e úsanse empregando a orde `acrlong` para obter o termo completo (deste xeito: [Erlang Open Telecom Platform](#)), a orde `acrshort` para obter o acrónimo (deste xeito: [ERLANG/OTP](#)). A primeira vez que usamos un termo con acrónimo no documento é recomendable usar orde `acrfull` (que produce ambas versións á vez: [Erlang Open Telecom Platform \(ERLANG/OTP\)](#)). Os acrónimos que non se usan no documento, non aparecen na relación que se xerar na versión PDF.

Pola súa banda, os termos do glosario edítanse no ficheiro `bibliografia/glosario.tex` e úsanse empregando a orde `gls` (deste xeito, [bytecode](#)) ou `Gls` (deste xeito, [Bytecode](#)). Ao igual que os acrónimos, os termos que non se usan no documento, non aparecen na relación que se xera na versión PDF.

Conclusións

DERRADEIRO capítulo da memoria, onde se presentará a situación final do traballo, as leccións aprendidas, a relación coas competencias da titulación en xeral e a mención en particular, posibles liñas futuras,...

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique

neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Apéndices

Material adicional

EXEMPLO de capítulo con formato de apéndice, onde se pode incluír material adicional que non teña cabida no corpo principal do documento, suxeito á limitación de 80 páxinas establecida no regulamento de TFGs.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique

neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Relación de Acrónimos

ERLANG/OTP Erlang Open Telecom Platform. 8

Glosario

bytecode Código independente da máquina que xeran compiladores de determinadas linguaxes (Java, Erlang,...) e que é executado polo correspondente intérprete.. [8](#)

Bibliografía
