

# Estructura de computadores, simuladores e Internet

Javier García Zubía y José María Sáenz Ruiz de Velasco

Dpto. de Arquitectura de Computadores, Dpto. Ingeniería del Software

Facultad de Ingeniería

Universidad de Deusto

48007 Bilbao

e-mail: zubia@eside.deusto.es, jmsaenz@eside.deusto.es

## Resumen

El trabajo presenta la aplicación Simul\_Intenet que aborda la simulación de dos computadores básicos. Las ventajas de esta aplicación se centran en el grado de detalle al simular y en que está disponible en Internet. Simul\_Intenet es interesante para los docentes y alumnos de un curso de Estructura de Computadores.

## 1. Introducción

Lo tratado en los siguientes párrafos afecta en la Universidad de Deusto a las asignaturas de *Estructura de Computadores I* de Ingeniería Informática (primer semestre del segundo curso) y de *Tecnología de Computadores* de Ingeniería de Telecomunicaciones (segundo semestre del primer curso), ambas de seis créditos: 4,5 teóricos + 1,5 prácticos.

A nuestro modo de ver, el objetivo principal que han de tener estas asignaturas es que el alumno sea capaz de diseñar completamente un computador básico y programar en él. El primer paso es un trabajo en el aula, mientras que el segundo necesita de un simulador.

En general, los simuladores permiten cargar un programa, ejecutarlo y observar los resultados. En algunos, además, la ejecución puede ser instrucción a instrucción. Por último, los simuladores más completos son capaces de simular estado a estado, a nivel de microinstrucción. Se puede hablar por tanto de tres niveles de simulación.

La aplicación Simul\_Intenet contempla los tres niveles de simulación y permite la modificación del camino de datos durante la

ejecución del programa. En cuanto a la implementación, Simul\_Intenet ha sido desarrollada en JAVA y esta accesible desde Internet, con las ventajas (y desventajas) que esto supone.

A continuación se presentan los computadores simulados, el entorno de ensamblado y el simulador propiamente dicho.

## 2. Computadores básicos: la Máquina Sencilla, la M+ y la M++

Antes de pasar a los simuladores es necesario describir, aunque sea brevemente, los computadores simulados: la MS y la M+.

### 2.1. La Máquina Sencilla

La Máquina Sencilla (MS) es ya es un clásico en la disciplina. Fue diseñado por Valero y Ayguadé en 1989 [1]. Brevemente, la MS es un computador con estructura de Memoria-Memoria, con cuatro instrucciones (ADD F, D, CMP F, D, MOV F, D y BEQ D) y direccionamiento absoluto. La memoria es de 128x16 bits y el camino de datos aparece en la figura 1.

El autómata simplificado para la unidad de control cableada cuenta con 8 estados, tres entradas y 10 salidas, las propias de la unidad de control.

La ventajas de la MS son bien claras: sencillez extrema y facilidad de diseño. Todo esto sin dejar de ser un computador. Su desventaja principal es que la MS es demasiado simple, demasiado sencilla.

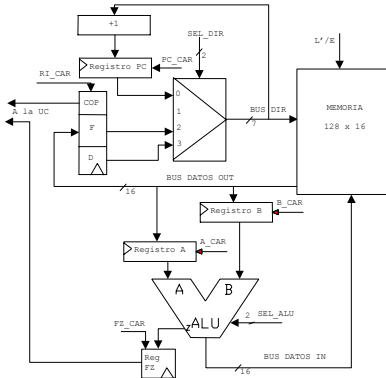


Figura 1. Camino de Datos de la Máquina Sencilla

### 2.2. La Máquina Plus (M+)

La M+ es un computador básico pero más evolucionado que la MS. Su primer diseño data del año 1997 [2].

La estructura de la M+ es Registro-Registro, tiene un único bus de datos bidireccional de 8 bits, 26 instrucciones (ADD, SUB, MOVE, AND, OR, XOR, NOT, CMP, INR, BEQ, BC y JMP, LDA, STA, LDAX, STAX, LFA y SFA) y un bus de direcciones de 16 bits potente y variado: inmediato, por registro, absoluto e indirecto. La memoria es de 64 Kbytes y el camino de datos puede verse en la figura 2.

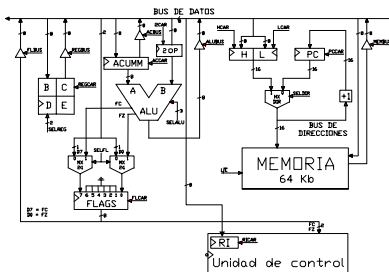


Figura 2. Camino de datos de la M+

El autómata de la unidad de control cableada de la M+ tiene 25 estados, 10 entradas (8 bits del

código de operación y los flags FZ y FC) y 21 líneas de salida, las propias de la unidad de control.

### 2.3. El simulador de la Universidad de Deusto

El simulador desarrollado en la Universidad de Deusto, Simul\_Internet, tiene como características principales:

- es accesible desde Internet,
- contempla conjuntamente a la MS y la M+,
- las unidades de control están implementadas cableadas mediante autómatas,
- niveles de ejecución: programa, instrucción y estado,
- visualiza dinámicamente el autómata de la unidad de control,
- permite la modificación interactiva de la máquina,
- carga y ensambla los programas con control del usuario y
- es potente, cómodo, visual y gratuito.
- Está accesible en:  
<http://paginaspersonales.deusto.es/zubia>

En la Figura 3 se ve el aspecto de la pantalla principal de Simul\_Internet. En los siguientes párrafos describiremos brevemente la aplicación.

### ESTRUCTURA DE COMPUTADORES I

- Máquina Plus.
- Máquina Sencilla.
- Traduct 2000.
- Manuales y ejemplos.

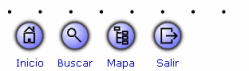


Figura 3. Pantalla principal de Simul\_Internet

### 2.4. El ensamblador de Simul\_Internet

En primer lugar se muestra el funcionamiento y aspecto del ensamblador de Simul\_Internet (Traduct 2000). En la Figura 4 se puede ver como el proceso de ensamblado es una pantalla aparte. En ella el alumno escribe el programa en

ensamblador, y al ensamblarlo obtiene el código hexadecimal que deberá cargar en la memoria del computador correspondiente.

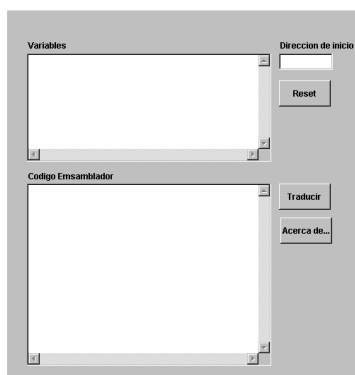


Figura 4. Pantalla principal del ensamblador

En la Figuras 5 y 6 se pueden ver, respectivamente, un programa en ensamblador de la M+ y el correspondiente código hexadecimal.

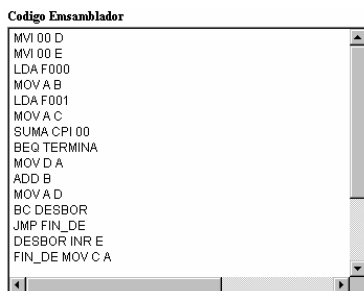


Figura 5. Programa en ensamblador de la M+

Una vez obtenido el código hexadecimal, el usuario dispone del mecanismo para cargar este programa en cualquier posición de la memoria.

## 2.5. La simulación de la MS

Si en la Figura 3 se hubiera pulsado la opción Máquina Sencilla, el alumno se habría encontrado con la Figura 7.

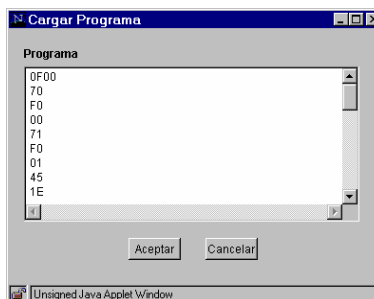


Figura 6. Programa en código hexadecimal

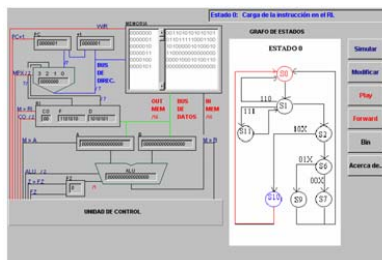


Figura 7. Pantalla del simulador de la MS

En la Figura 7 se pueden ver en la parte izquierda el camino de datos y las señales de control de la MS. Todos los registros, campos, etc. son accesibles por el alumno, que podrá modificarlos.

En la parte de la derecha se pueden ver los controles del nivel de simulación, la opción de modificación de campos y la elección binario/hexadecimal.

En la parte central se puede ver el diagrama de transición de estados del autómatas de la unidad de control cableada. Cuando el alumno haya elegido la opción de simulación por estados podrá ver pintado en rojo el estado actual, y en azul el anterior. La visualización dinámica del autómatas nos parece muy importante desde el punto de vista didáctico.

## 2.6. La simulación de la M+

Si en la Figura 3 se elige la opción Máquina Plus lo que nos encontramos es la Figura 8.

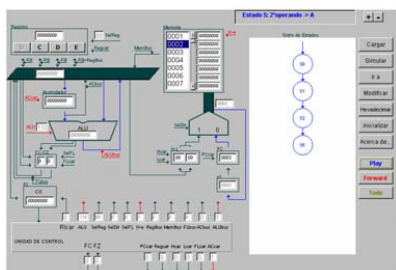


Figura 8. Pantalla del simulador de la M+

La pantalla es algo más compleja, pero igualmente manejable. Podemos ver en la parte izquierda el camino de datos y las señales de control, en la derecha, el control del nivel de simulación y en el centro, el diagrama de estados del autómata de la unidad de control cableada.

En cuanto a la simulación propiamente dicha, el alumno podrá ver cómo van cambiando el estado y contenido de la máquina con cada flanco de reloj. El Simul\_Internet resalta visualmente, cambiando de color, aquellas líneas que modifican su valor.

La idea aplicada en Simul\_Internet es que ha de verse todo, y todo debe ser accesible, siendo el alumno el que tiene el control de la máquina.

### 3. Experiencia docente

Desde el curso 1999-2000 el alumno dispone de una primera versión de Simul\_Internet. Bastará una clase de 2 horas para que el alumno se haga con la aplicación.

La aplicación es utilizada por más de 300 alumnos al año. Las asignaturas implicadas son, como ya se ha dicho, *Estructura de Computadores I* en el primer semestre del segundo curso de Ingeniería Informática y *Tecnología de Computadores* del segundo semestre del primer curso de Ingeniería en Telecomunicaciones.

Aun a falta de estudios formales, la experiencia es positiva, y así nos lo hacen saber los alumnos. Ellos destacan de Simul\_Internet su sencillez, potencia, adecuación al aula y disponibilidad en la red, y señalan como desventaja los problemas derivados de "la lentitud Internet".

### 4. El simulador e Internet

Un aspecto novedoso de Simul\_Internet es que utiliza a Internet como plataforma. La aplicación se ha desarrollado en JAVA. La experiencia ha sido positiva en general, pero también ha habido problemas de lentitud. Por un lado la red es lenta y por otro, toda aplicación JAVA necesita ser interpretada por una máquina virtual de alto nivel, lo que no hace sino retardar todavía más la ejecución. Como opción a esta lentitud está que el alumno descargue la aplicación y la ejecute en su propio computador.

La ventaja de usar Internet reside en que la aplicación está disponible de continuo y en que la aplicación que se distribuye siempre está actualizada. Además poco a poco todos los centros de enseñanza están haciendo esfuerzos por trasladar parte de sus clases a la red.

Los requisitos para ejecutar la aplicación son un computador cualquiera tipo Pentium, un navegador actualizado (Internet-Explorer, Netscape, Mozilla, etc.) y el runtime para ejecutar programas en JAVA 1.3 o posterior.

### 5. Conclusiones

En el trabajo se ha presentado el simulador Simul\_Internet. Su interés y originalidad se centran especialmente en su disponibilidad vía WEB, en el abanico de posibles niveles de simulación y en el control total que el usuario ejerce. Simul\_Internet permite al profesor enseñar computadores básicos con el nivel y enfoque que el profesor desee, convirtiéndose en una herramienta ideal para enseñar en el aula.

### Referencias

- [1] Valero, M. y Ayguadé, E. *La Máquina Sencilla: Introducción a la estructura básica de un computador*, Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Cataluña, 1989.
- [2] Angulo Usategui, J.M. García Zubia, J. y Angulo Martínez, I. *Fundamentos y estructura de computadores*, Ed. paraninfo, 2003.