

SIMULADOR / EMULADOR DEL MICROPROCESADOR 65C02

Juan de la Casa Higuera, José Manuel Piñar González,
Javier Linares Cobo y Pedro Casanova Peláez

Departamento de Electrónica. Escuela Politécnica Superior.
Universidad de Jaén.
Avd. Madrid 35 23071 Jaén

Tfno: +34-53-212430/1 Fax: 34-53-212400
e-mail: delacasa@ujaen.es, casanova@ujaen.es

RESUMEN

En esta ponencia se presenta una herramienta software de apoyo a la enseñanza de lógica programada íntegramente desarrollado en el Departamento de Electrónica de la Universidad de Jaén. Está compuesto por un simulador del microprocesador 65C02 integrado en el sistema de desarrollo Mi-650C, fabricado y comercializado por la casa PROMAX S.A., muy frecuentemente utilizado tanto en Escuelas de Ingeniería como en centros de Formación Profesional para la enseñanza práctica de microprocesadores de 8 bits. La herramienta se complementa con un emulador de este sistema de desarrollo. Se presenta también en esta ponencia los resultados obtenidos después de experimentarlo durante este curso en la titulación de Ingeniería Técnica Industrial especialidad Electrónica Industrial.

1.- INTRODUCCIÓN.

El nacimiento de este programa surge ante la necesidad de disponer de un simulador para la familia del microprocesador 6502, que trabaje bajo un sistema operativo de 32 bits (Windows 95 o superior) aprovechando las ventajas que este ofrece. De igual forma se optó por realizar un emulador del microinstructor *Mi-650C*, diseñado y comercializado por la empresa Promax S.A.. Este es el sistema de desarrollo utilizado para impartir clases prácticas de la asignatura de Informática Industrial en la Escuela Politécnica Superior. En ambos casos la utilidad fundamental es conseguir que el alumno profundice en el aprendizaje del funcionamiento de este microprocesador y disponer de una herramienta que haga fácil y agradable la familiarización del alumno con el manejo del microinstructor y que comprendiese el funcionamiento de los sistemas basados en microprocesadores, usando el programa como una herramienta de apoyo a la docencia para enseñanza no presencial.

Ambos están realizados en un lenguaje de programación de alto nivel orientado a objetos que hace que tengan una interfaz agradable, sencilla e intuitiva, y proporcionando un acceso rápido a las principales funciones del programa con un solo clic de ratón.

2-. OBJETIVO

Para empezar a hablar de la simulación/emulación, es fundamental destacar que una de sus más importantes aplicaciones es la didáctica, aunque no es la única. Nuestro objetivo principal es proporcionar al alumno una herramienta que le facilite el aprendizaje del funcionamiento de los microprocesadores de 8 bits de la familia Rockwell y en concreto el 65C02. Con esta, tendrá la posibilidad profundizar en los conocimientos que se imparten en las clases teóricas (funcionamiento interno, operaciones, registros a los que afecta y como tratan estos la información que contienen), no sólo en el laboratorio, con el equipo físico (MI-650C), sino también en casa. y al mismo tiempo se familiarice con el sistema emulado facilitando de este modo la tarea tanto al profesor .

La herramienta le permite crear y ejecutar los programas con la finalidad de ver los resultados que se producen antes de ser ejecutados en el sistema real durante las horas de prácticas. También le ayuda en la depuración de estos programas mediante las herramientas que incorporan los simuladores para este fin.

Todo esto hace que gracias al simulador y al emulador el alumno afiance conocimientos teóricos y ahorre tiempo en la realización de las prácticas ya que puede trabajar con esta herramienta en casa y realizar las prácticas establecidas sin tener que enfrentarse a los posibles inconvenientes de falta de recursos como de ajuste a los horarios.

3-. SIMULADOR SIM-650C.

La interfaz que forma el simulador *Sim-650C* se divide en diferentes secciones:

- *Programa*: Representación mnemónica de la memoria, sólo en las zonas en las que tiene sentido dicha representación como son la zona de programa de usuario (0400H-1FFFH) y la zona de Rom (E000H-FFFFH).
- *Memoria*: Contenido hexadecimal de cada posición de memoria.
- *Registros*: Valor que poseen los registros internos de este microprocesador como son:
Contador de programa (PC)
Puntero de pila (SP)
Acumulador (A)
Registro X (X)
Registro Y (Y)
Registro de estado (P)
- *Via de Usuario*: Valor de cada uno de los registros internos de configuración de esta Via.

- *Página Cero*: Acceso rápido al contenido de memoria de la página cero de este sistema.
- *Pila*: Posición del puntero de Pila y contenido de esta en todo momento.

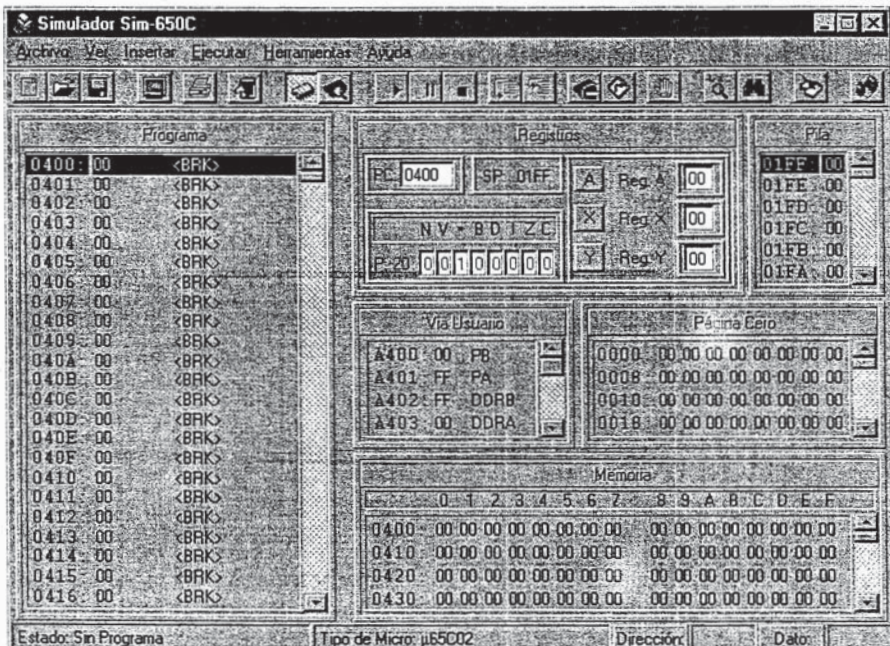


Figura 1. Pantalla principal del SIM-650C

Dispone además de diferentes herramientas de ayuda como son:

- Visor para examinar el programa de usuario cargado en sus tres posibles formatos: Hex, Asm o Lst.
- Editor de texto para insertar código en el programa de usuario o bien para crear uno nuevo.
- Herramienta de ayuda para el cambio de sistema de numeración.
- Buscador de mnemónicos o secuencias de código.
- Localizador de posiciones de memoria.
- Comunicación con el microinstructor *Mi-650C*.
- Posibilidad de ver la ejecución de rutinas del programa monitor.
- Pantalla de Display, Teclado y Puertos como apoyo en la simulación de las rutinas que hacen uso de estos elementos.
- Visor para la comprobación de las operaciones aritméticas, lógicas y de rotación.
- Botón para activar la interrupción IRQ y ejecutar la rutina de interrupción.
- Posibilidad de emular mediante el programa *EmuMi-650C* el programa cargado en memoria.

En la figura 1 se observa la pantalla principal del *Simulador* y como está dividida en las diferentes secciones antes descritas

4-. EMULADOR *EMUMI-650C*

El programa *EmuMI-650C* se ha pensado para que el usuario trabaje con él como lo haría con el sistema físico real del *Microinstructor MI-650C* de la empresa PROMAX S.A. esta misma idea se refleja en el aspecto de la interfaz del programa. Gracias a esto, las diferencias que puedan existir a la hora de manejar el modelo emulado serán mínimas, sin más que realizar unos pequeños ajustes.

Una vez que se ejecuta el programa, se puede ver dos ventanas, una es *Emulador MI-650C* que forma el sistema del *Microinstructor*, y la otra, bajo el nombre de *Sistema de Archivos*, permite la realización de las operaciones de carga y grabación de los programas de usuario en la memoria del sistema. En este mismo, se tiene una herramienta de gran ayuda para los no iniciados en el microprocesador 6502 y 65C02. Se trata de un cuadro en el que se pueden ver los códigos de operación de las diferentes instrucciones.

El programa *EmuMI-650C*, desde el momento de su carga en memoria, ejecuta de forma continuada el programa *Monitor* existente en la *Eprom* del sistema físico. Esto es de gran ventaja, puesto que se garantiza un comportamiento muy similar al real, pero ralentiza el funcionamiento por la ejecución de determinadas rutinas.

En el formulario *Sistema de Archivos* tenemos acceso a las operaciones de archivo mediante una barra de herramientas con las funciones siguientes:



Figura 2: Ventana Sistema de Archivos

- *Apertura de archivos tipo hexadecimal.* Acedemos a los diferentes directorios del sistema para la carga en la memoria del *Mi-650C* de archivos en formato hexadecimal.
- *Guardar/Guardar Como,* introduciendo el intervalo de direcciones que deseamos guardar en un archivo con el formato hexadecimal.
- *Búsqueda de Códigos de Operación:* se introducirá el mnemónico a utilizar, del cual no se recuerda su código de operación. El sistema muestra los diferentes códigos, con relación al modo de direccionamiento. Esta herramienta es de gran utilidad a la hora de programar directamente en el *Mi-650C*, dado que el programa se introduce por los códigos de operación de las diferentes instrucciones, y el diseño del mismo se suele realizar como listado de las diferentes instrucciones en mnemónicos.

En la figura 3 se muestra el aspecto que presenta el segundo formulario. En este se ha intentado copiar al detalle tanto la apariencia física del microinstructor como el modo de trabajo del mismo, teclado hexadecimal, display de 7 segmentos, microinterruptores y leds conectados a la VIA de Usuario, Programa Monitor y sus rutinas de apoyo,...., con lo que intentamos que el alumno pueda trabajar fuera del laboratorio con una herramienta lo mas parecida posible a lo que se encuentra en el mismo. Para manejarlo, el alumno podrá hacer tanto uso del ratón como del teclado del ordenador pulsando la tecla correspondiente del teclado hexadecimal del microinstructor.

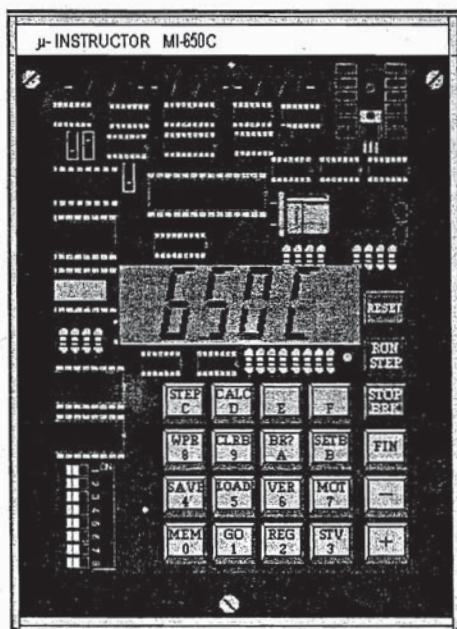


Figura 3: Emulador EmuMi-650C

5-. RESULTADOS OBTENIDOS.

Para valorar la opinión de los alumnos acerca del simulador, se entregó un cuestionario en el que se debían valorar una serie de ítems, tomando 1 como muy mal y 5 como muy bien. Se dividió en tres apartados en los que se preguntaba acerca de la *Utilidad Educativa*, la Interfaz de Usuario y, finalmente, sobre las herramientas del Simulador *Sim-650C*, con ítems como “¿Crees que el programa se adapta a los conocimientos adquiridos en clase?”, “¿Crees que este programa puede ser útil como herramienta del profesor para captar la atención de los alumnos?”, “¿Crees que es agradable el entorno visual del programa?”, “¿Crees que el programa se maneja fácilmente, “Evalúa la opción “Insertar Código” del programa” o “¿Te parece útil la herramienta para probar operaciones y conversiones?”.

La valoración en general del programa *Sim-650C* se puede considerar positiva, teniendo siempre en cuenta que los alumnos evaluaron la primera versión beta del programa que funcionando correctamente aún no estaba totalmente acabada. El 71% de los ítems fueron valorados positivamente, mientras que el 29% se hicieron negativamente.

6-. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado una herramienta software para la enseñanza no presencial del microprocesador 65C02. Se han diseñado dos entornos de trabajo con los que se pueda hacer fácil y agradable el desarrollo y la comprobación de programas para este microprocesador. Mediante el Simulador se ha logrado que el alumno cree, ejecute y depure sus propios programas a partir de formato de texto. Mediante el Emulador se ha logrado que el alumno se familiarice con el microinstructor *Mi-650C*, perteneciente a la empresa Promax S.A. y con el que realiza las prácticas en el laboratorio, poniendo a su disposición una herramienta fiable y válida que imita el funcionamiento del microinstructor mediante el ordenador.

Ambas herramientas han sido acogidas con agrado por parte del alumnado al no disponer, hasta ahora, de un simulador del microprocesador 65C02 que funcionase bajo Windows.

La herramienta es de libre distribución y se puede conseguir en la dirección <http://www.voltio.ujaen.es>

7-. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Manuales de Usuario del microinstructor Mi-650C de Promax S.A.
- [2] "El microprocesador 65C02 y sus periféricos. Estudio y montajes. Operación con el microinstructor Mi-650C de Promax S.A." Bueno Juan, Antonio y Rubio Aznar, J. Ramón Ed. Paraninfo
- [3] "Microprocesadores. Diseño práctico de sistemas." José M^a Angulo Usategui Ed. Paraninfo
- [4] "Enciclopedia de Visual Basic" Ceballos Sierra, Fco. Javier Ed. Rama
- [5] "Ingeniería del software. Un enfoque práctico." Roger S. Pressman Ed. McGraw Hill.