

VISUAL11 Y KIT11: HERRAMIENTAS PARA EL APRENDIZAJE DEL M68HC11 DE MOTOROLA

Bonifacio Martín del Brío y Carlos Bernal Ruiz

Dept. Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Universidad de Zaragoza
EUITIZ. Corona de Aragón, 35. 50009 Zaragoza (España)

Teléf.: +34 976 351609

Fax: +34 976 564707

E-mail: nenet@posta.unizar.es

RESUMEN

En esta comunicación se presentan dos herramientas para la enseñanza de microcontroladores basadas en el M68HC11 de Motorola. Por un lado, VISUAL11 es un entorno MS-Windows para la edición, compilación y simulación de código ensamblador del 68HC11; además, simula algunos periféricos básicos y se comunica con tarjetas basadas en el 68HC11. Por otro lado, con KIT11 el alumno puede construir de una manera muy sencilla y a un precio muy bajo su propia tarjeta basada en el 68HC11. Ambas herramientas permiten al estudiante trabajar tanto en los aspectos software como hardware del desarrollo de sistemas basados en microcontroladores, por su cuenta y a su propio ritmo.

1. INTRODUCCIÓN.

En la actualidad la mayor parte de los sistemas electrónicos incorporan uno ó más microprocesadores (μP) del tipo denominado microcontrolador (μC); así, encontramos microcontroladores en el automóvil (sistema de frenado ABS, control del motor, airbag,...), en la industria (todo tipo de control industrial incluye uno o más μC), comercio (puntos de venta, tarjetas monedero, tarjetas inteligentes,...), oficina (impresoras, fax, escáner,...), hogar (audio y video, electrodomésticos, seguridad,...), etc [1, 2]. Por lo tanto, resulta obvio que el desarrollo de sistemas basados en $\mu P/\mu C$ debe constituir una importante materia de estudio en carreras como Ingeniería Industrial, Ingeniería Electrónica o Electrónica Industrial.

En relación a la enseñanza de sistemas microprocesadores y microcontroladores en todo momento hemos atendido a la siguiente "filosofía docente" [3]:

- 1) En una primera fase de la enseñanza el alumno debe aprender la arquitectura de una CPU típica, practicar la programación en ensamblador, y asimilar los conceptos básicos de las E/S. Esta primera fase puede ser cubierta mediante un buen simulador, de manera que el alumno puede practicar por su cuenta a su propio ritmo (incluso en su casa) con el fin de afianzar los conceptos más básicos del desarrollo de sistemas μP .

- 2) En una segunda fase el alumno debe trabajar con hardware real para asimilar conceptos difíciles de plasmar en un simulador, como los aspectos eléctricos y temporales del desarrollo de sistemas, o los problemas típicos que surgen en los montajes hardware. De ninguna manera conviene que el alumno limite su actividad al "mundo virtual" del simulador.

Quizás la herramienta más comúnmente empleada en la docencia de esta materia sean los simuladores, debido a su facilidad de uso, control total sobre los recursos internos del $\mu P/\mu C$, amplia disponibilidad de computadores, y, para el caso del software de dominio público, facilidad de reproducción de la herramienta (copia). Por otro lado, en el caso de las prácticas hardware pueden emplearse tarjetas de evaluación (o similares), entrenadores orientados a la docencia, o sistemas de desarrollo.

En la EUITI de la Universidad de Zaragoza la enseñanza de microcontroladores la desarrollamos entorno al M68HC11 de Motorola [4], debido a la sencillez y linealidad de su arquitectura, elevado número de periféricos que integra, facilidad de programación desde un computador PC convencional, y amplia disponibilidad de libros de texto (por ejemplo, [5-7]). Además, las diversas subfamilias de microcontroladores de 8 bits de Motorola (6805, 6808, 6811) son las líderes mundiales dentro de este segmento de mercado.

2. UNA HERRAMIENTA SOFTWARE: VISUAL11

En relación a la primera etapa en la enseñanza señalada en la sección anterior, existen numerosos simuladores de μP o μC , muchos pensados para el profesional que desarrolla sistemas basados en μP , algunos expresamente orientados a la docencia. Por un lado, los simuladores "profesionales" suelen ser muy sobrios, y su aprendizaje resulta complejo para un alumno que se enfrenta por primera vez a la materia. Por otro lado, no encontramos ningún simulador enfocado hacia la docencia que se ajustase perfectamente a nuestros intereses, pues queríamos ofrecer al alumno un programa sencillo e intuitivo que en un único entorno MS-Windows permitiese no solo editar, compilar y simular código ensamblador para el 68HC11, sino también practicar los aspectos básicos de las E/S. Por todas estas razones, y también para que el alumno dispusiera de *un simulador que pudiera copiar y utilizar libremente*, decidimos desarrollar nuestro propio entorno software para la enseñanza de μC basado en computadores de tipo PC compatibles: VISUAL11.

Así, el programa VISUAL11 no es tan solo un simulador del M68HC11, sino todo un entorno de trabajo para PC con sistema operativo MS-Windows 3.X ó 95 (ver Figura 1), que permite dentro de un entorno Windows convencional:

- Editar y compilar programas ensamblador.
- Simular código ensamblador del 68HC11.
- Cargar y ejecutar dicho código sobre una tarjeta basada en un 68HC11 con el programa monitor BUFFALO en su ROM, como pueda ser la conocida tarjeta de evaluación de Motorola MC68HC11EVBU [8].

El simulador incluido en VISUAL11 implementa, además del núcleo procesador del 68HC11:

- El mapa de memoria del MC68HC11E9 (512 RAM, 512 EEPROM y 12K EPROM).
- Sus puertos de propósito general B y C.
- Diversos periféricos conectados a dichos puertos: grupo de 8 diodos LED, 8 interruptores, visualizadores de siete segmentos y teclado hexadecimal (no codificado).
- Simula la interrupción enmascarable IRQ, la no enmascarable XIRQ y el estado de RESET.

En definitiva, y a diferencia de lo que sucede con otros simuladores disponibles, el alumno puede trabajar mediante el entorno VISUAL11 los siguientes aspectos (tanto en las prácticas de la asignatura como libremente en su casa):

- *Edición, compilación y ejecución controlada* (paso a paso, puntos de ruptura) de rutinas ensamblador convencionales (programas como conversión binario-BCD, suma de números de 32 bits, copia de tablas de datos, etc.).
- *Manejo de recursos E/S* (juegos de luces con diodos LED, gestión multiplexada de visualizadores de siete segmentos, exploración de teclado matricial, etc.).
- *Manejo de distintos tipos de memoria*: RAM, EPROM y EEPROM (p.e., deberá colocar la pila en RAM, el programa en EPROM, y datos y tablas en EEPROM).
- *Estudio de las interrupciones* (p.e., programar la tabla de vectores de interrupción en la EPROM simulada, programar rutinas de servicio, solicitar interrupción accionando el ratón, seguir paso a paso el proceso, etc.)
- *Programar una rutina de arranque o RESET* (que establezca en la RAM la pila del sistema, inicie periféricos y variables, habilite las interrupciones, etc.).
- *Controlar una tarjeta real basada en el 68HC11*.

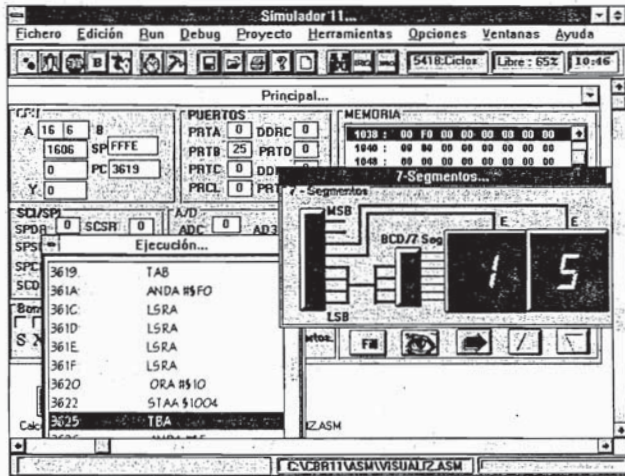


Figura 1. Entorno de VISUAL11.

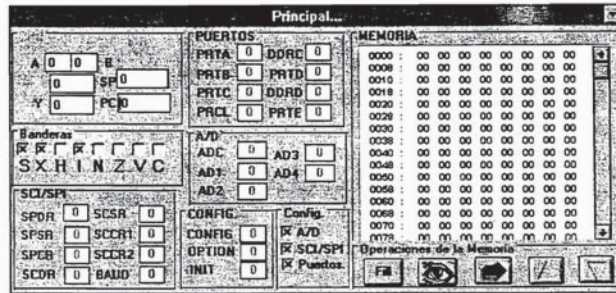


Figura 2. Ventana principal, incluyendo los registros de la CPU y zonas de memoria.

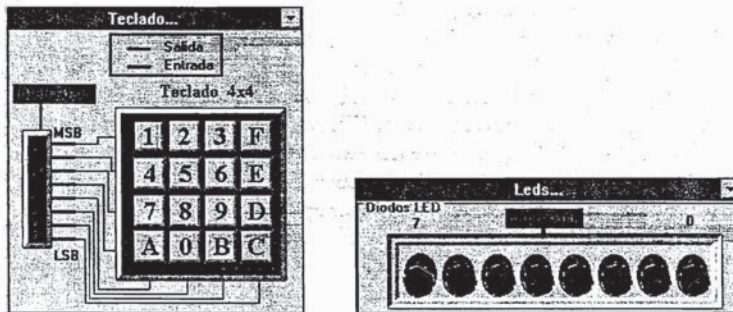


Figura 3. Dos ejemplos de periféricos simulados en VISUAL11: teclado no codificado y grupo de diodos LED.

En la Figura 1 se muestra el aspecto que presenta el área de trabajo de VISUAL11; en ella puede observarse un entorno MS-Windows convencional, con ventanas, menús desplegables y barra de herramientas con botones. En dicha figura aparecen desplegadas las siguientes tres ventanas:

- La ventana *PRINCIPAL*, en la que se puede visualizar y manipular el estado de los registros de la CPU, así como las casillas del mapa de memoria del microcontrolador (su aspecto se puede apreciar mejor en la Figura 2).
- La ventana *EJECUCION*, en la que aparece el programa ensamblador que se está ejecutando, y desde la cual puede seguirse su ejecución paso a paso.
- Un ejemplo de *ventana de periféricos* (en la Figura 3 se muestran otras dos).

3. UNA HERRAMIENTA HARDWARE: KIT11

Para la segunda etapa del aprendizaje suelen emplearse tarjetas de evaluación (o similares), entrenadores orientados a la docencia, o sistemas de desarrollo. La gran ventaja de las tarjetas

es su relativamente bajo coste; los entrenadores cuentan con la ventaja de estar orientados a la docencia, aunque su precio suele ser algo superior; finalmente, el coste de los sistemas de desarrollo suele ser muy elevado, por lo que se dispone siempre de un número muy limitado de ellos que como mucho pueden emplearse en el desarrollo de proyectos.

En las prácticas de microcontroladores en la EUITIZ empleamos la tarjeta de evaluación de Motorola MC68HC11EVBU [8], que proporciona buenas prestaciones a un precio relativamente asequible. Dado el interés que dichas prácticas hardware despiertan, animamos al alumno interesado a construir su propia tarjeta basada en un 68HC11, con el fin de que pueda profundizar por su cuenta fuera del limitado tiempo disponible en las prácticas de la asignatura, desarrollando pequeños proyectos (una de las grandes ventajas del 68HC11 es precisamente la sencillez de conexión y programación desde un computador PC).

Para facilitar al alumno la tarea de construir su propia placa basada en el 68HC11 hemos desarrollado en el Depto. el denominado "Kit del 68HC11" [9], consistente en un folleto explicativo más un disquette. En el folleto se describe en detalle cómo construir y manejar desde un PC una sencilla tarjeta basada en el 68HC11, adaptada del esquema que la propia Motorola ofrece en unas notas de aplicación [10] (se adjunta PCB); en el disquette se incluye el software de dominio público de Motorola necesario (ensamblador AS11 y programa de comunicación y programación PCBUG11 [11]). En KIT11 no se incluyen los componentes de la placa, que el alumno deberá comprar en cualquier tienda especializada. En definitiva, el estudiante interesado puede disponer de un pequeño sistema de desarrollo para el 68HC11 a un precio asequible (el coste de los componentes y placa es de 4.000 ó 5.000 pts.).

Finalmente, subrayaremos que para inducir al estudiante a trabajar con hardware real hemos preferido incorporar en el entorno VISUAL11 una ventana terminal de comunicaciones destinada a trabajar con una tarjeta real (como la EVBU de Motorola o el propio KIT11) antes que simular los muchos periféricos que integra el 68HC11 (convertor A/D, puertos serie y paralelo, temporizador, etc.).

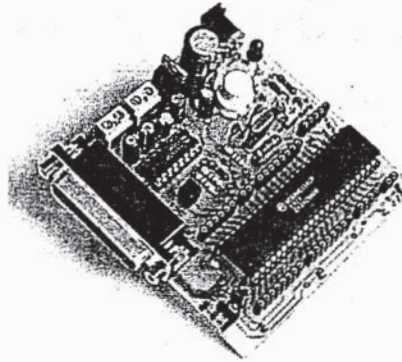


Figura 4. Kit11 montado por un alumno de la asignatura.

4. CONCLUSIONES.

En el Depto. de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones de la EUITIZ hemos desarrollado durante los últimos años diversas herramientas para la enseñanza de sistemas μP y μC , como un simulador para el μP M6800 [2] y el texto de la asignatura [12]; en esta comunicación hemos incidido en VISUAL11 y KIT11. Nuestra idea es proporcionar al alumno herramientas a muy bajo precio que pueda disponer libremente para trabajar a su propio ritmo en casa, completando así el limitado tiempo disponible en las prácticas de la asignatura.

La versión 0.95 de VISUAL11 corrige ya algunos problemas señalados por los estudiantes de la asignatura, y se han incluido algunas de sus observaciones; durante el curso 1998-99 va a ser el único simulador empleado en la asignatura. Por otro lado, numerosos alumnos han construido ya KIT11, normalmente durante el verano (pasado el "ajetreo" del curso), y suelen emplearlo también para desarrollar su proyecto de fin de carrera.

5. AGRADECIMIENTOS.

Uno de los autores (B.M.B) quiere expresar su agradecimiento a los alumnos de la asignatura "Microprocesadores e Instrumentación Electrónica" de la EUITIZ que han contribuido, en mayor o menor medida, a su constante mejora.

6. BIBLIOGRAFIA.

- [1] D. Bursky. "Here an MCU, there an MCU". *Electronic Design*, Oct. 13, 1995.
- [2] A.R. Khan. "Workhorses of the electronic era". *IEEE Spectrum*, Oct., pp. 36-42, 1996.
- [3] B. Martín del Brío, A. Bono, A. Ciriano, J.M. López. "Consideraciones sobre la integración de simulación y montaje en prácticas de microprocesadores". *Revista de Enseñanza y Tecnología*, 7, 46-55, 1997.
- [4] "M68HC11 Reference Manual". Motorola, 1991. (<http://www.motorola.com>).
- [5] F. M. Cady. "Software and Hardware Engineering: Motorola M68HC11". Oxford University Press, 1997.
- [6] H.W. Huang. "MC68HC11: An Introduction". West Publishing Company, 1996.
- [7] J.C. Skroder. "Using the M68HC11 Microcontroller (a Guide to Interfacing and Programming the M68HC11)". Prentice Hall, 1997.
- [8] "M68HC11EVBU User's Manual". Motorola 1992
- [9] B. Martín del Brío. "Kit de Iniciación al Microcontrolador 68HC11". Dept. Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, Universidad de Zaragoza. 1996.
- [10] "MC68HC11 EEPROM programming from a personal computer". Application Note AN1010. Motorola, 1988.
- [11] "PCBUG11 User's Manual". Motorola, 1990.
- [12] B. Martín del Brío. "Curso de Microprocesadores y Microcontroladores (6800 y 68HC11)". Universidad de Zaragoza, 1997.