



DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

El Computador Simple 2010 (CS2010)

*Enunciados de Prácticas de Laboratorio
Estructura de Computadores*

1. Introducción y objetivos

Los objetivos de esta práctica son:

- Ejercitar el uso del CS2010 y de su programación.
- Comprobar el funcionamiento de la unidad de control.
- Comprobar el funcionamiento de la unidad de datos.
- Realizar y comprobar el funcionamiento de un programa sencillo para el CS2010 que realice operaciones de entrada-salida.

Con estos objetivos se ha implementado¹ un sistema basado en el procesador CS2010 sobre la placa de prototipado Digilent Basys2 que se muestra en la figura 1. El sistema implementado incluye los siguientes componentes:

- El procesador.
- La memoria de código (instrucciones o programa).
- La memoria de datos.
- Dispositivos de entrada-salida mapeados en memoria.
- Una unidad de depuración.

¹ La implementación ha sido realizada por Jonathan Ruiz Páez como proyecto fin de carrera

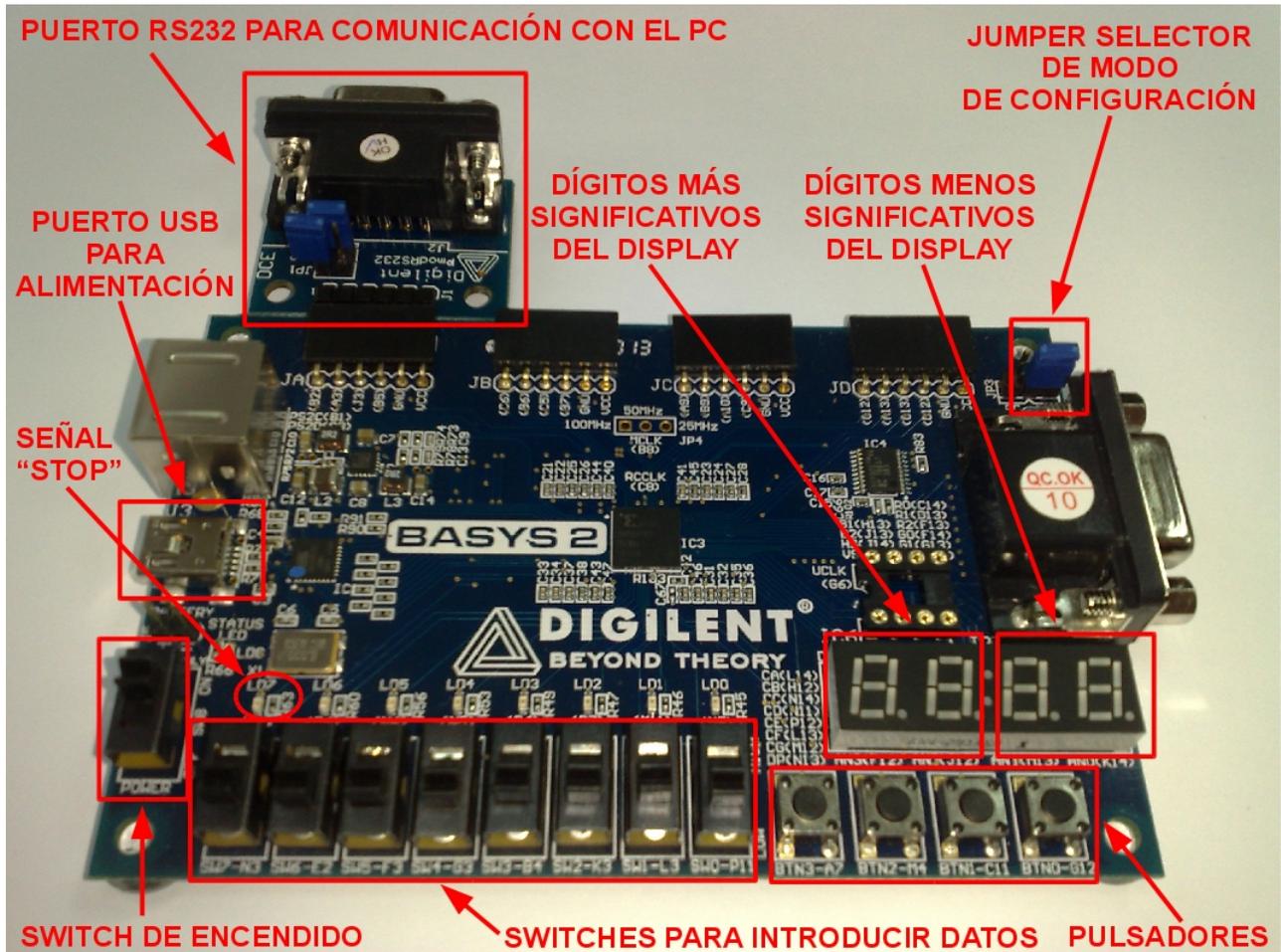


Figura 1. Placa de prototipado empleada en la práctica.

Los dispositivos de entrada-salida se han mapeado en el espacio de direccionamiento de la memoria de datos tal y como muestra la siguiente tabla:

Dirección	Sentido	Dispositivo	Descripción
\$80	Entrada	Switches	Cada uno de los 8 bits de esta posición de memoria indica si el switch correspondiente está activo. Así, el bit 7 valdrá uno si y sólo si sw7 está activo, el bit 6 valdrá uno si y sólo si sw6 está activo, etc.
\$81	Entrada	Pulsadores	Los 4 bits menos significativos de esta posición de memoria indican si los botones correspondientes están pulsados. Así, el bit 3 valdrá uno si y sólo si btn3 está pulsado, el bit 2 valdrá uno si y sólo si btn2 está pulsado, etc. Los 4 bits más significativos de la posición siempre valen 0.
\$82	Salida	Dígitos menos significativos del display	El contenido de esta posición de memoria se muestra en hexadecimal en los dígitos menos significativos del display.
\$83	Salida	Dígitos más significativos del display	El contenido de esta posición de memoria se muestra en hexadecimal en los dígitos más significativos del display.

Tabla 1. Dispositivos mapeados en memoria.

La unidad de depuración es un componente que se comunica con el PC a través del puerto RS232 y

permite a éste leer y escribir la memoria de código y datos. Además, la unidad de depuración hace posible depurar los programas descargados mediante:

- Ejecución de ciclos de reloj individuales.
- Ejecución de instrucciones individuales.
- Inspección del contenido de la memoria y los registros.
- Inspección del estado de las líneas de control.
- Habilitación/inhibición del reloj del procesador.

La interacción con la unidad de depuración se realiza a través del software descrito en el apéndice 2.

2. Desarrollo de la práctica

1. A continuación se muestra un código ensamblador para el CS2010:

```
subrutina: LDI R7, 0
bucle:    CPI R6, 0
          BRZS retorna
          ADD R7, R5
          SUBI R6, 1
          JMP bucle
retorna:  RET
```

Explique el algoritmo que implementa y que función global realiza:

2. Escriba un programa que, usando la subrutina anterior, calcule el producto de 22 por 10 y almacene el resultado en la posición de memoria 4.

```
; escriba aquí las instrucciones que faltan en el programa principal

        CALL subrutina

        STOP

subrutina: LDI R7, 0
bucle:   CPI R6, 0
        BRZS retorna
        ADD R7, R5
        SUBI R6, 1
        JMP bucle
retorna: RET
```

3. Carga del programa en la implementación del CS2010 basada en la FPGA:

- a) Cambie el jumper de selección de modo de configuración de la placa (JP3) para que conecte el pin central con el etiquetado con "ROM".
- b) Conecte la placa al puerto RS232 del PC (vea la figura 1 para ver como conectar la extensión RS232 a la placa de prototipado).
- c) Alimente la placa de prototipado a través del puerto USB del PC.
- d) Cargue en la memoria de código el programa que realiza la multiplicación de 22 por 10 tal y como se describe en el apéndice.
- e) Ejecute ciclo a ciclo las tres primeras instrucciones de la subrutina. Escriba a continuación las señales de control que se activan y las transferencias entre registros que se realizan para cada una de ellas:

f) Ejecute instrucción a instrucción el programa y compruebe que tienen el efecto esperado. Explique como lo ha comprobado

4. Usando la subrutina anterior, escriba un programa que implemente el siguiente algoritmo:

```
HACER
  MIENTRAS EL BOTÓN 1 (BTN1) NO ESTÉ PULSADO
    NO HACER NADA
  FIN MIENTRAS
  R5<-NÚMERO CODIFICADO EN LOS SWITCHES ; SE HA PULSADO EL BTN1
  MIENTRAS EL BOTÓN 2 (BTN2) NO ESTÉ PULSADO
    NO HACER NADA
  FIN MIENTRAS
  R6<-NÚMERO CODIFICADO EN LOS SWITCHES ; SE HA PULSADO EL BTN2
  R7<-R5*R6
  MUESTRA R7 EN EL DISPLAY
POR SIEMPRE
```

```
; escriba aquí las instrucciones que faltan en el programa principal

btn1_no_pulsado:

btn1_pulsado:  LDS R5, $80
btn2_no_pulsado:

btn2_pulsado:LDS R6, $80
              CALL subrutina
              STS $82, R7

              JMP btn1_no_pulsado

subrutina:  LDI R7, 0
bucle:    CPI R6, 0
          BRZS retorna
          ADD R7, R5
          SUBI R6, 1
          JMP bucle
retorna:  RET
```

5. Cargue en la memoria de código el programa y haga que se ejecute de forma autónoma habilitando el reloj del CS2010. Compruebe que el programa funciona correctamente multiplicando distintos valores.

6. Cambie el código anterior para que puedan ser visualizados los datos a multiplicar al pulsar los botones de introducción de cada uno de ellos en los dígitos más significativos del display. Al finalizar el programa solo podrá visualizarse uno de los datos a multiplicar y el resultado. Explique a continuación el cambio realizado:

NOTA: Si el software indica que no puede realizarse la conexión a pesar de haber conectado correctamente la extensión RS232, es posible que la placa no esté aún configurada para implementar el CS2010. En tal caso pulse sobre el icono “configurar BASYS2 para CS2010” y, cuando la grabación termine, apague y vuelva a encender la placa.

Apéndice: Software de programación y depuración

Para interactuar con la unidad de depuración usaremos el software instalado en los PC del laboratorio. Dicho software está disponible en la página web de la asignatura. Para lanzarlo simplemente pulsamos sobre el icono correspondiente en el escritorio. Al hacerlo nos aparecerá la siguiente ventana:

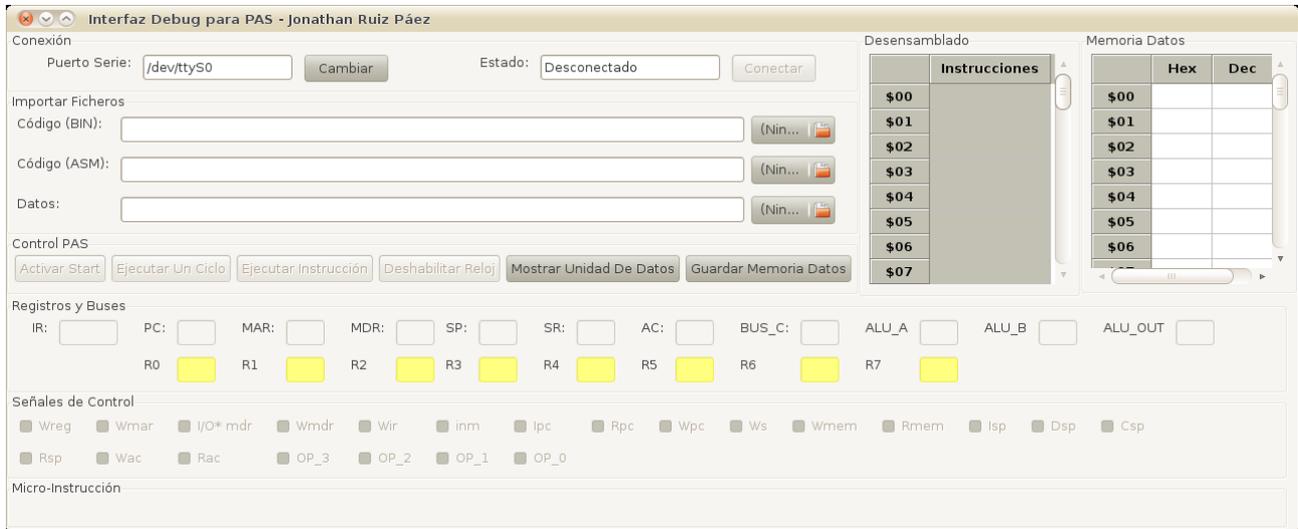


Figura 2: Software de interfaz con la unidad de depuración del CS2010.

La parte superior de la ventana contiene una serie de controles para interactuar con la unidad de depuración del CS2010 que se describen a continuación:

- Campo para la ruta del puerto serie. Aparece relleno por defecto con la ruta correspondiente al puerto serie de los ordenadores del laboratorio, por lo que en principio no debe cambiarse.
- Campo de fichero de código binario (BIN): este campo debe contener la ruta del fichero binario cuyo contenido se escribirá en la memoria de código cuando se inicialice el procesador. Al rellenarse se mostrará en la parte superior derecha de la ventana el contenido de la memoria desensamblado. Normalmente no tendremos que preocuparnos de rellenar este campo ya que usaremos un fichero en formato ensamblador para especificar el programa que deberá escribirse.
- Campo de fichero de código ensamblador (ASM): este campo debe contener la ruta de un fichero de código ensamblador correspondiente al programa que será escrito en la memoria de código. Al rellenar este campo la herramienta ensamblará el fichero informando de los posibles errores y escribirá la ruta del fichero binario resultante en el campo comentado anteriormente. Rellenar este campo no es obligatorio, pero es la forma habitual de trabajar con la herramienta.
- Campo de fichero de datos: si deseamos inicializar la memoria de datos con el contenido de un fichero binario, podemos indicar su ruta en este campo.
- Botón de establecimiento de conexión e inicialización: al pulsarlo el software establece una conexión a través del puerto RS232 con la unidad de depuración, ordena inicializar el CS2010 y escribe las memorias de código y datos con el contenido de los ficheros especificados. Únicamente tras esto podremos interactuar con la unidad de depuración.
- Botón “Mostrar Unidad De Datos”: al pulsar este botón aparecerá la ventana siguiente:

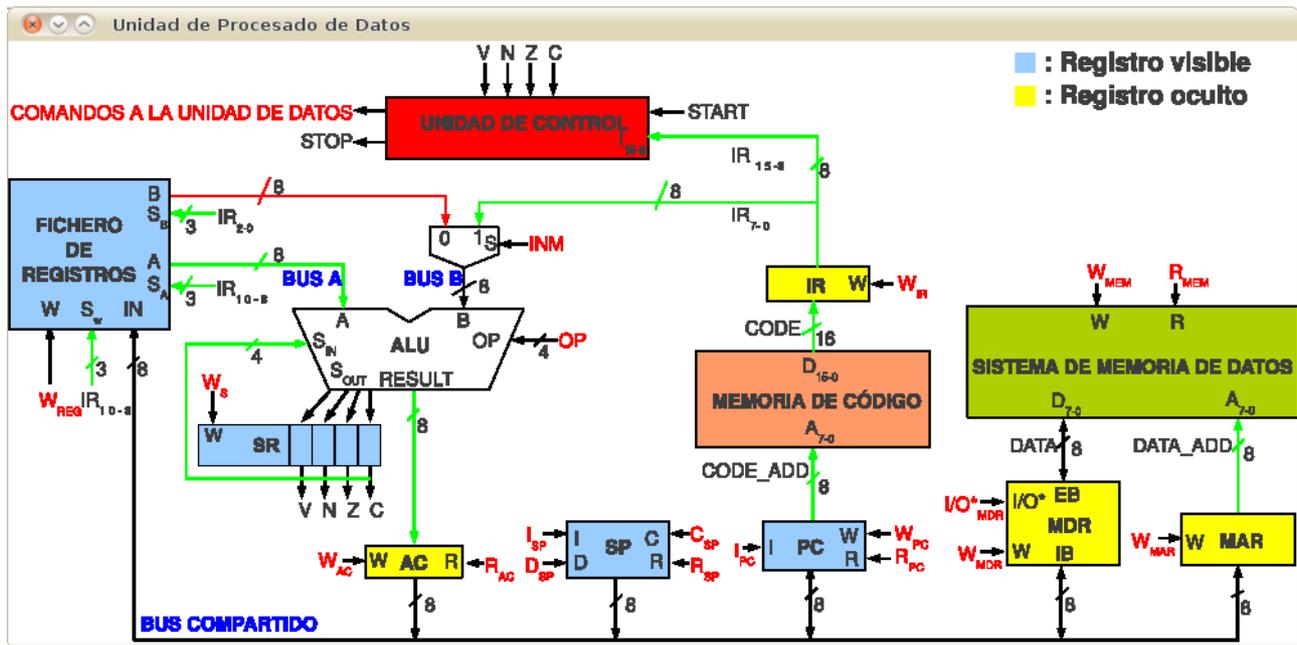


Figura 3: Unidad de datos del CS2010.

Durante las ejecuciones ciclo a ciclo se resaltarán en esta ventana las señales que se vayan activando.

- Botón “Habilitar Reloj”/“Deshabilitar Reloj”: Si el reloj del CS2010 está detenido, este control permite ponerlo en marcha para que se ejecute el programa de forma autónoma hasta encontrar una instrucción de STOP. Si el reloj está ya en marcha permite detenerlo para inspeccionar el estado del procesador y la memoria.
- Botón “Activar Start”: Le indica a la unidad de depuración que genere un pulso alto en la señal de inicio del CS2010.
- Botón “Ejecutar Un Ciclo”: Le indica a la unidad de depuración que habilite el reloj durante un solo ciclo.
- Botón “Ejecutar Una Instrucción”: Le indica a la unidad de depuración que habilite el reloj hasta que se ejecute la instrucción en curso o hasta que se llegue al estado de espera.

Cuando el reloj del CS2010 está detenido se muestra el estado del procesador incluyendo:

- Contenido de la memoria de datos.
- Contenido de los registros visibles.
- Contenido de los registros ocultos.
- Estado de las líneas de control.
- Valor de los buses de entrada y salida de la ALU y del bus común.

Además, la instrucción en curso aparecerá resaltada. El contenido de la memoria de datos puede ser editado manualmente. También es posible guardar el contenido de dicha memoria en un fichero binario pulsando sobre el botón “Guardar Memoria Datos”.