

# Estructura de Computadores (EdC-ISW-G1) 2017-18

## Boletín 2: Sistemas Digitales

NOTA:

Los problemas de este boletín corresponden a ejercicios de exámenes de años anteriores. Muchos de ellos están resueltos en los libros [BAENA 97] y [DIAZ 09]:

*“Problemas de Circuitos y Sistemas Digitales”*

Carmen Baena, Manuel J. Bellido, Alberto J. Molina, M. Pilar Parra, Manuel Valencia

Ed. McGraw-Hill, 1997

*“Estructura y Tecnología de Computadores. Teoría y Problemas”*

Sergio Díaz, M. Carmen Romero, Alberto J. Molina

Ed. McGraw-Hill, 2009

### **Problema 1** (Resuelto en las transparencias del tema 3 y en [BAENA 97])

Se dispone de cuatro registros con datos (R0, R1, R2 y R3) y una ALU, todo de  $n$  bits. Se desea diseñar un sistema que permita a cualquiera de los registros ser operandos fuente y/o destino del resultado. El registro fuente del dato A es seleccionado por dos bits, A1 y A0; el de B, por B1 y B0; y el de destino, por D1 y D0. Muestre la estructura del sistema e indique cómo se realiza una operación en los siguientes casos:

- Un esquema de conexión basado en multiplexado, usando registros con terminales de entrada y salida separados.
- Un esquema de conexión basado en buses triestado, usando registro con terminales de entrada y salida separados.
- Usando registros con terminales de datos bidireccionales.

Añada, en cada caso, los dispositivos que se necesiten. Indique también, en cada caso, la secuencia de activación de las señales de control de los dispositivos indicando de dónde provienen.

### **Problema 2** (Resuelto en [BAENA97] Cap. 11, Prob.15)

En un sistema digital se desea implementar las siguientes micro-operaciones condicionales:

W:  $M \leftarrow \square \text{MBR}$  (El dato de MBR se escribe en memoria)

R:  $\text{MBR} \leftarrow M$  (Se lee de memoria un dato y se escribe en MBR)

E:  $\text{MBR} \leftarrow \square \text{EXR}$  (Se carga en MBR el dato de un registro externo EXR).

Teniendo en cuenta que:

- La memoria M es RAM de  $2^k \times n$ , con bus de datos de entrada y de salida separados, con una señal de habilitación activa en alta (EN) y señal de control de lectura-escritura “(R/W)”; cuando no se lee de la memoria, sus salidas muestran un 0 lógico.

- El registro MBR es de  $n$  bits, con entradas y salidas separadas, señal de carga en paralelo (L) y salidas incondicionales.

- El registro EXR, de  $n$  bits, tiene salidas incondicionales.

Describa a nivel RT los dispositivos con memoria y construya la unidad de datos del sistema. Las señales W, R y E son generadas por el controlador.

### **Problema 3**

a) Diseñe una unidad de datos que permita llevar a cabo la siguiente macro-operación:

$$C \leftarrow 5A - B$$

b) Descomponga la macro-operación en sus micro-operaciones correspondientes

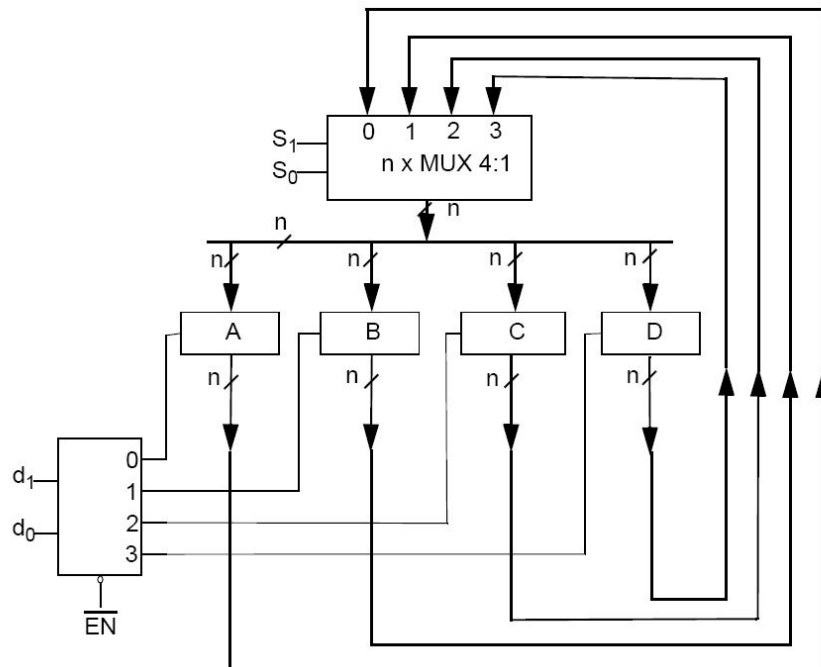
c) Describa a nivel RT el elemento que quiera de la Unidad de Datos

**Problema 4** (Resuelto en [BAENA97] Cap. 11, Prob.2)

En la unidad de datos de la figura se activan las señales de acuerdo con la siguiente secuencia de control.

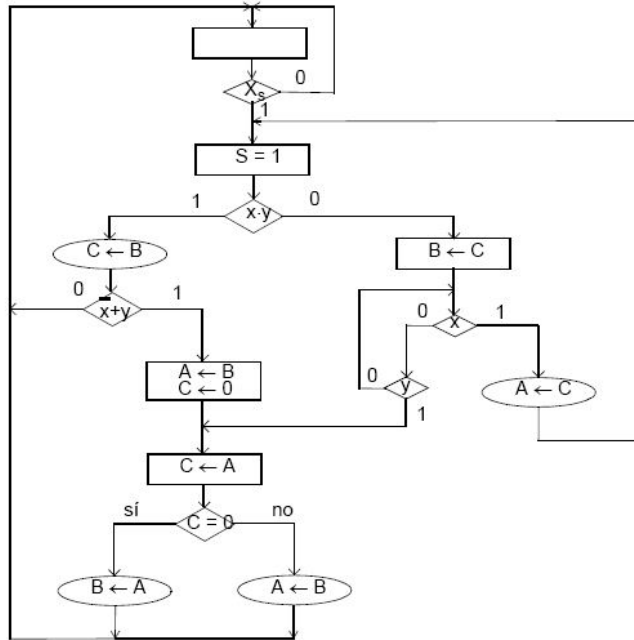
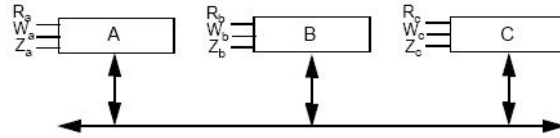
ciclo	EN	d1	d0	S1	S0
1	0	1	1	0	0
2	1	1	1	1	1
3	0	0	0	0	1
4	0	0	1	1	0
5	1	0	0	0	0
6	0	1	0	1	1

Describe qué operaciones se hacen (a nivel RT), así como la operación global en los seis ciclos de reloj. (NOTA: Las salidas del DEC activan las señales de escritura de los registros: Wa, Wb, Wc y Wd)



**Problema 5 (Resuelto en [BAENA97] Cap. 11, Prob.8)**

La figura muestra una carta ASM de un sistema así como la unidad de datos correspondiente. En dicha carta, x e y son entradas que pueden tener cualquier valor binario, permaneciendo constantes desde que activamos Xs. **Encuentre todos los errores de la carta**, comentándolos brevemente.



**Problema 6 (Resuelto en [BAENA97] Cap. 11, Prob.10)**

Considere un sistema con tres registros (A, B, C) de ocho bits. Ha de tener lugar la siguiente secuencia de operaciones en el orden que se describen: Cuando se activa una señal de comienzo (Xs), los datos de entrada se cargan en A; el complemento de los datos de A se cargan en C; los datos de C se almacenan en B; Con los datos de A y B se hace la operación OR y el resultado se almacena en C; finalmente, los datos de C son situados en las líneas de salida, tras lo cual el sistema va al estado de espera.

- Diseñe la unidad de datos que pueda realizarlas.
- Describa las operaciones a nivel RT.
- Haga la carta ASM de las señales a activar por el control.

**Problema 7 (Prueba 1, EdC-ISW G1 2013-14)**

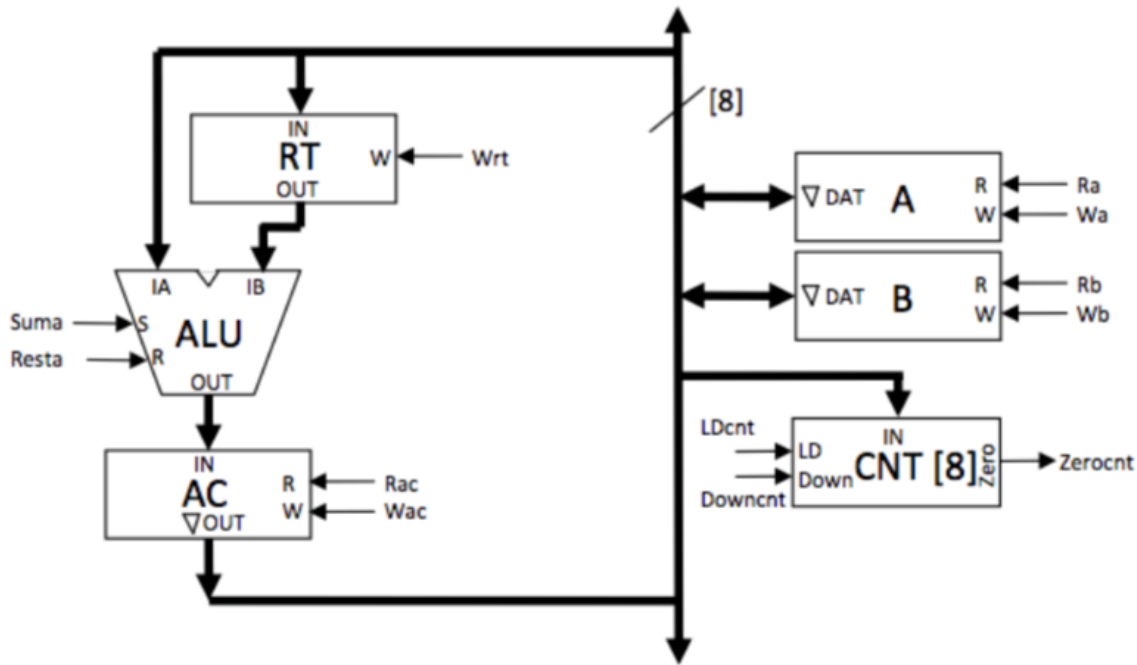
Se desea diseñar un sistema digital que tengas las siguientes macrooperaciones:

- $A \leftarrow A + B$ , 2)  $A \leftarrow A - B$ , 3)  $A \leftarrow A \times B$ .

Para ello se propone que utilice la unidad de datos de la figura (página siguiente), muy parecida a la vista en clase, donde CNT es un contador descendente con carga en paralelo, si salida ZeroCnt que indica cuándo ha llegado el contador al estado 0 (es decir, salida borrow).

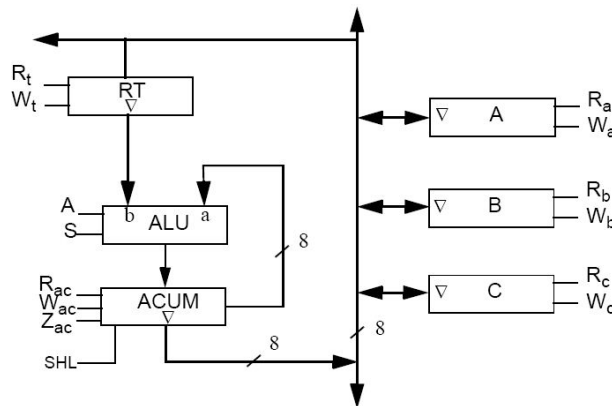
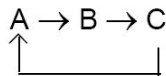
Se pide:

- Especifique correctamente a nivel RT todos los registros de la Unidad de Datos.
- Obtenga las cartas ASM de transferencias de datos y de control (si quiere puede poner ambas cartas en una misma solución).



**Problema 8** (Resuelto en [BAENA 97] CAP11, Prob.9)

Para la unidad de datos de la figura, obtenga la carta ASM de un controlador que permita realizar la operación de rotación de la información almacenada entre los registros A, B, C de la siguiente forma:



**Problema 9**

Para la unidad de datos de la figura anterior, obtenga la carta ASM de un controlador que permita realizar la operación siguiente:

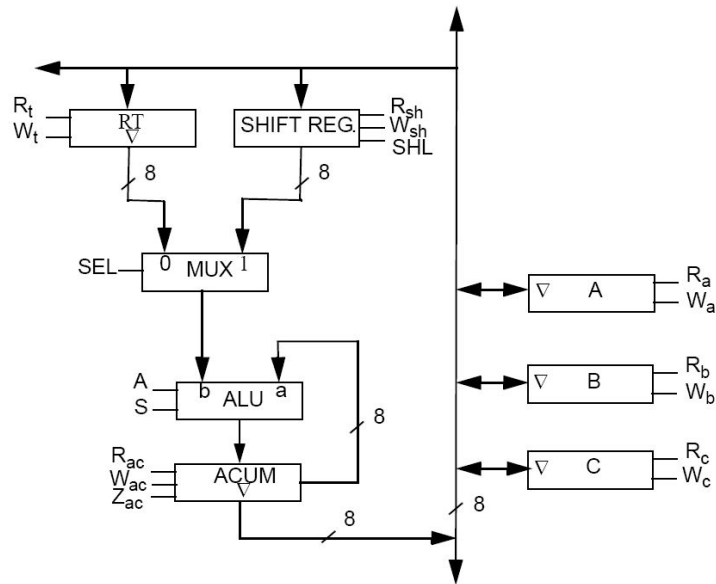
$$C \leftarrow 4 * (A + B).$$

Nota: La entrada SHL del acumulador produce un desplazamiento lógico hacia la izquierda, introduciendo un "0" por la derecha.

**Problema 10** (Resuelto en [BAENA97] Cap. 11, Prob.11)

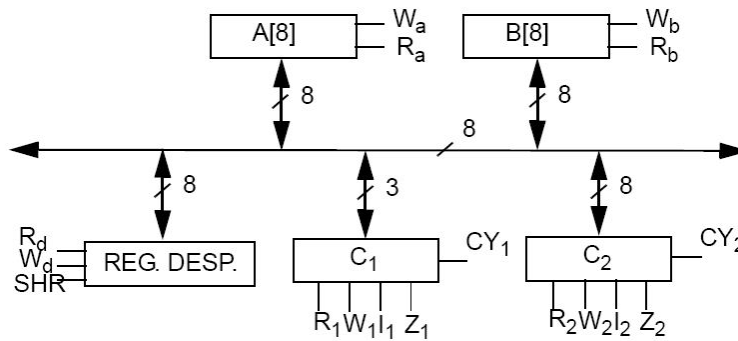
Para la unidad de datos de la figura, obtenga la carta ASM una unidad de control de forma que, en función de dos bits de entrada I1, I0, pueda elegirse entre una de las cuatro macrooperaciones siguientes:

- 1)  $A \leftarrow \neg A + 2B$
- 2)  $A \leftarrow A - 2B$
- 3)  $C \leftarrow A - 2B$
- 4)  $C \leftarrow 2A + 2B$



**Problema 11** (Resuelto en [BAENA97] Cap. 11, Prob. 1)

Para la unidad de datos de la figura, obtenga la carta ASM de un controlador que permita escribir en B el número de “1” que hay en A. El contador C1 es de tres bits (mod. 8) y el C2 de 8 bits (mod. 256). ¿Qué cambio hay que introducir para escribir en B el número de “0” de A?

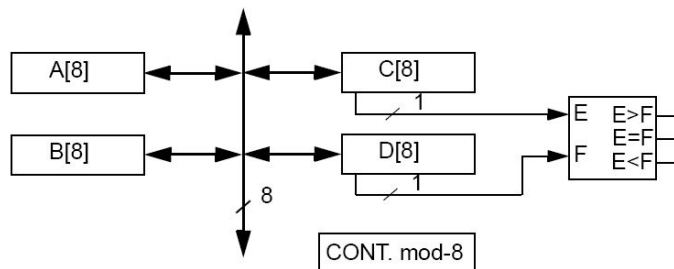


Nota: Zi = Puesta a 0 síncrona. SHR: Desplazamiento derecha  
 Ii = Incremento. Ri: Lectura  
 CYi = CARRY Wi: Escritura

**Problema 12** (Resuelto en [BAENA97] Cap. 11, Prob.12)

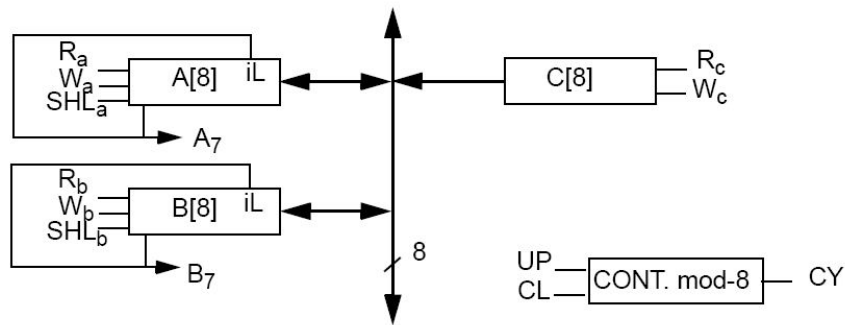
Para la unidad de datos que se presenta, se quiere realizar un sistema digital capaz de comparar dos números de 8 bits (A y B), y almacenar en A el mayor de ellos y en B el menor. Tras finalizar la operación, el sistema generará una señal de FIN. Se le pide:

- Defina correctamente las operaciones de los registros.
- Obtenga la carta ASM.
- Sin añadir elementos nuevos, ¿se puede simplificar la arquitectura de esta unidad de proceso? Razone la respuesta.



**Problema 13** (Resuelto en [BAENA97] Cap. 12, Prob.14)

La figura muestra la solución al último apartado del problema anterior. Recordemos que se trata de almacenar en A el mayor y en B el menor de los datos previamente almacenados en A y B. Determine la carta ASM para esta unidad.

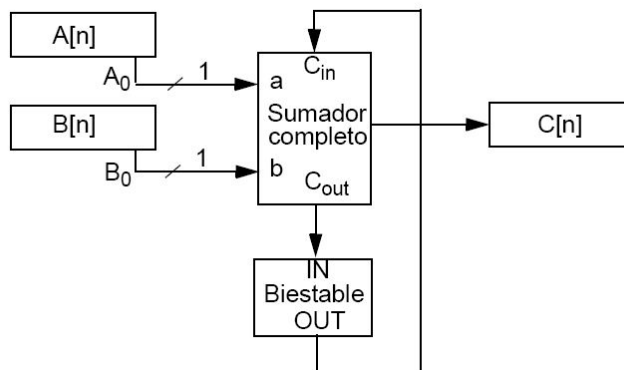


**Problema 14** (Resuelto en [BAENA97] Cap. 12, Prob.12)

En la unidad de datos de la figura se han representado todos los componentes y los caminos de datos. Suponga que, además, existe disponible una señal, FIN, que se pone a 1 cuando se han sumado  $n$  bits. Se desea realizar las tres macrooperaciones siguientes:

- $C \leftarrow A + B$
- $C \leftarrow A$
- $C \leftarrow B$

Especifique las señales de control y operaciones de los registros y el biestable y bbtenga la carta ASM de la unidad de control.



**Problema 15** (control bomba de riego)

- A) Diseñe la carta ASM de la unidad de control de un sistema digital que controle el sistema de llenado de un depósito de agua para riego agrícola. La unidad de control, cuando detecte que el nivel de agua del depósito está por debajo de un determinado nivel 1, pone en marcha una motobomba (B1) para sacar agua de un acuífero. La bomba se mantiene en marcha hasta que el agua alcanza el nivel 2 (lógicamente, por encima del nivel 1). (En el depósito están instalados 2 sensores de nivel L1 y L2 que se generan un 1 lógico cuando están sumergidos en agua).
- B) Se ha detectado que el sistema anterior falla cuando el sistema de riego saca más caudal de agua del depósito que el que es capaz de reponer la motobomba B1. Para resolver este problema, se ha pensado en instalar una segunda motobomba B2, que entra en funcionamiento sólo cuando el nivel de agua del depósito está por debajo de un nivel mínimo (un tercer sensor Lmín, por debajo de L1, nos daría esa información). En resumen:
1. Cuando el agua desciende por debajo de L1, entra en funcionamiento B1 hasta alcanzar L2.
  2. Si la bomba B1 no es suficiente y sigue descendiendo el nivel hasta alcanzar Lmín, entraría en funcionamiento la segunda bomba B2; ambas bombas siguen funcionando hasta alcanzar el nivel L3.
- Diseñe la nueva carta ASM para la unidad de control contemplando esta modificación.

**Señales de entrada del sistema:**

**Xs:** orden de comienzo

**L1:** sensor de nivel 1 (L1=1 cuando está sumergido en agua)

**L2:** sensor de nivel 2 (L2=1 cuando está sumergido en agua)

**Lmín:** sensor de nivel mínimo (Lmín=1 cuando está sumergido en agua)

**Señales de salida del sistema:**

**B1:** puesta en marcha motobomba 1

**B2:** puesta en marcha motobomba 2

**Problema 16 (Resuelto en [BAENA97] Cap. 12, Prob.3)**

Un número decimal de dos dígitos se almacena en dos registros de cuatro bits en forma BCD. El registro M contiene los dígitos más significativos; el L, los menos. Los números se transfieren para que aparezcan en un registro R de ocho bits. Para efectuar la transferencia se dispone de un bus de cuatro bits accesible a M y L, pero sólo a las cuatro posiciones de más a la derecha del registro R. La operación de transferencia se realiza respondiendo a un conmutador.

- a) Establezca una arquitectura para el sistema especificando los terminales de control de cada registro.
- b) Construya la carta ASM.

**Problema 17 (ASCENSOR)**

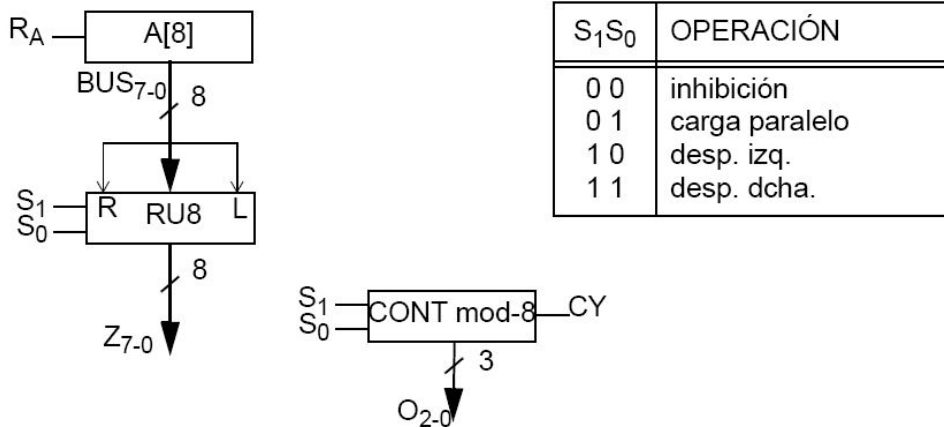
Haga la carta ASM de un ascensor que circula entre dos pisos (1º y 2º). En cada piso hay un pulsador para llamar al ascensor (L1 y L2) y dentro del ascensor hay dos pulsadores (B1 y B2) para elegir el piso de destino. En cada piso existe un sensor que detecta la llegada del ascensor y activa una señal (T1 para el 1º piso y T2 para el 2º). Debe tener en cuenta que:

- Si el ascensor está en movimiento y se pulsa algún interruptor debe continuar hasta alcanzar el piso destino.
- Antes de iniciar el movimiento hay que dar la orden de cerrar la puerta del ascensor (señal CP) y al finalizar el recorrido hay que dar la orden de abrir la puerta (señal AP).
- Para que el ascensor se mueva hay que activar las señales SUBE o BAJA hasta que alcance el piso destino.

**Problema 18 (Resuelto en [BAENA97] Cap. 12, Prob.4)**

Un sistema digital tiene como unidad de datos lo representado en la figura. Inicialmente, al menos uno de los bits de A es un cero. El sistema debe dar como salida el número binario de la posición del “0” menos significativo de la palabra almacenada en el registro A.

- a) Describa, a nivel RT, los componentes de esta unidad de datos.
- b) Obtenga la carta ASM.
- c) Si el valor inicial de A es: 10101011, represente en el tiempo (hasta que se ha generado la salida deseada) los siguientes parámetros: BUS, señales de control (RA, S1, S0, CLC, UP) y las salidas del sistema digital. 26.4 ¿Cuál es el contenido de RU8 y de CONT tras regresar al estado de espera?



**Problema 19 (Resuelto en [BAENA97] Cap. 12, Prob.6)**

Un sistema digital debe analizar su línea de entrada X con objeto de contabilizar el número de pulsos de esa señal que tiene de anchura 1, 2 ó 3 ciclos de reloj. El sistema dispone de tres salidas (Z1,Z2,Z3) con las que se indica cuál de los tres tipos de pulsos es más numeroso. (Por ejemplo, si se han recibido siete pulsos de un ciclo de reloj, cuatro pulsos de dos ciclos y nueve pulsos de tres ciclos, el sistema generaría como salida Z1Z2Z3= 001). Desde que se le da la orden de comienzo, se deberán analizar 256 ciclos de reloj, volviéndose después al estado inicial. Proponga una unidad de datos para el problema planteado y obtenga la carta ASM correspondiente a la unidad de control.

Nota 1: Nunca se recibirán pulsos de más de tres ciclos de reloj.

Nota 2: En caso de igualdad se activan las salidas correspondientes.

**Problema 20 (Lavadora)**

Se desea diseñar la unidad de control del nuevo modelo de lavadora V-1000 que tiene las siguientes especificaciones:

- El ciclo de lavado, que se inicia al activar la orden de comienzo Xs, consta de prelavado (P), lavado (L), aclarado (A) y centrifugado (C), que se harán en ese orden. La máquina procederá a cada operación cuando la unidad de control active la correspondiente señal (P, L, A o C).
- La lavadora V-1000 dispone, fuera de la unidad de control, de un contador con señales de puesta a cero (CLS) y de incremento (I), así como cuatro salidas que se activan cuando transcurre el tiempo de prelavado (TP), el de lavado (TL), el de aclarado (TA) y el de centrifugado (TC). Cada uno de estos tiempos (TC, TA, TL y TP) se contabilizan desde cero.
- El ciclo de lavado se divide en dos subciclos. Uno de duración fija TL y otro variable que termina cuando se activa un “Sensor de Ropa Limpia” (SRL = 1).
- Durante el prelavado, lavado y aclarado la puerta de la lavadora deberá estar bloqueada, para lo cual se activará la salida correspondiente.
- El último ciclo, el de centrifugado, tiene una duración TC. Si se detecta la apertura de la puerta de la lavadora, el centrifugado quedará interrumpido. Para ello existirá una señal (PA) que se activa cuando la puerta está abierta. En el momento que se detecta la desactivación de dicha señal, el proceso de centrifugado continuará a partir de donde se interrumpió.

Dibuje el diagrama de bloque y la carta ASM de la unidad de control.

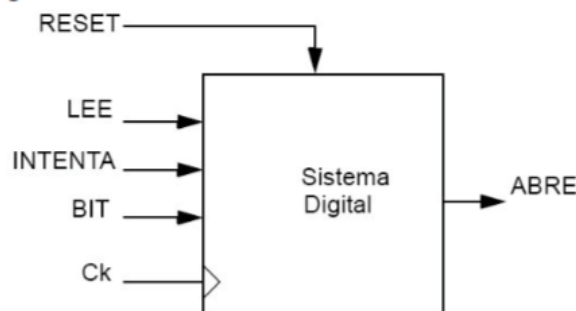
**Problema 21 (Cerradura electrónica) (Resuelto en [BAENA97] Cap. 11, Prob.75)**

Un sistema digital (ver figura) consiste en una cerradura electrónica que se abre mediante una combinación adecuada de 8 bits. La combinación está almacenada en el sistema. El modo de operación es como sigue:

- La señal RESET lleva al sistema al estado inicial (no hay que incluirla dentro de la carta ASM ya que se considera asíncrona).
- La señal BIT indica el bit correspondiente de la combinación (comenzando por el más significativo).
- La señal LEE (al activarse) indica que se puede leer la entrada BIT.
- La señal INTENTA (al activarse) indica que ya se ha introducido la combinación y si es correcta se abrirá la caja (poniéndose la salida ABRE = 1).

Se pide:

- a) Diseñe la unidad de datos del sistema.
- b) Expresé el algoritmo de control mediante una carta ASM.





### **Problema 22 (Puerta de un garaje)**

Obtenga la **carta ASM de la unidad de control** de un sistema digital que controle la puerta de un garaje según el proceso de control siguiente:

- 1.- Inicio: el sistema está a la espera de que el usuario introduzca la llave en la cerradura.
- 2.- Apertura: el sistema activa el motor para abrir la puerta. Hay que mantener activa esta orden hasta que la puerta esté completamente abierta.
- 3.- Espera: una vez que la puerta está completamente abierta, el sistema espera a que transcurra 1 minuto.
- 4.- Cierre: transcurrido el minuto de espera, el sistema activa el motor para cerrar la puerta. Hay que mantener activa esta orden hasta que la puerta esté completamente cerrada. Si durante este proceso, el sensor detecta que un coche está atravesando la puerta, deberá interrumpirse el cierre de la misma y volver al proceso de apertura

En la Unidad de Datos contamos con un contador módulo-60, con entrada CL (puesta a cero) y UP (incremento), así como con una salida CY (carry). El periodo de la señal de reloj (CLK) es de 1 segundo.

#### **Señales de entrada del sistema:**

**LLAVE:** se activa cuando el usuario introduce la llave en la cerradura

**ABIERTA:** se activa cuando la puerta está completamente abierta

**CERRADA:** se activa cuando la puerta está completamente cerrada

**SENSOR:** se activa cuando el coche atraviesa la puerta

#### **Señales de salida del sistema:**

**ABRIR:** activa el motor de la puerta para abrirla

**CERRAR:** activa el motor de la puerta para cerrarla

### **Problema 23 (Túnel de lavado, Prueba 1 EdC-ISW G1 2013/14)**

Se quiere diseñar un sistema digital que controle un puente de lavado de coches. El coche está parado en todo momento y es el puente el que se mueve. En el puente de lavado están instalados los siguientes elementos: salidas de agua a presión, salidas de jabón, salidas de aire caliente a presión, salidas de cera y motor. Existe también una célula fotoeléctrica cuyo objetivo es detectar si el puente está en su posición inicial, con objeto de detectar si ha finalizado el recorrido de “ida y vuelta”. Existen dos ciclos de lavado posibles: con cera Tortuga (5€) o sin cera Tortuga (3€).

Se pide: Obtener la carta ASM de datos y control del sistema digital propuesto.

#### **Entradas a la unidad de control:**

Xs: orden de comienzo

TIPO (tipo de lavado): 1 si es lavado largo, 0 si es lavado corto

CÉLULA (célula fotoeléctrica): 1 si el puente está en la posición inicial, 0 si no.

#### **Salidas de la unidad de control: (todas activas en alto)**

AGUA, RODILLOS, JABÓN, CERA, AIRE, MOTOR

*El movimiento del puente se controla con señal MOTOR: activando MOTOR el puente realiza el recorrido de “ida y vuelta” (no hay que indicarle que cambie el sentido; cuando ha terminado el recorrido completo de “ida y vuelta” la célula fotoeléctrica pone CÉLULA=1)*

#### **CICLOS DE LAVADO (5 PASADAS CICLO LARGO/ 4 PASADAS CICLO CORTO)**

- 1) AGUA A PRESIÓN y JABON
- 2) RODILLOS Y AGUA A PRESIÓN
- 3) AGUA A PRESIÓN
- 4) CERA (SÓLO CICLO LARGO)
- 5) AIRE CALIENTE