



PIO IX

Técnicas Digitales

G.E.: **8** Título: **Máquinas de Estados**

Alumno: _____

Curso: _____ División: _____ N° de lista: _____ Firma Alumno: _____

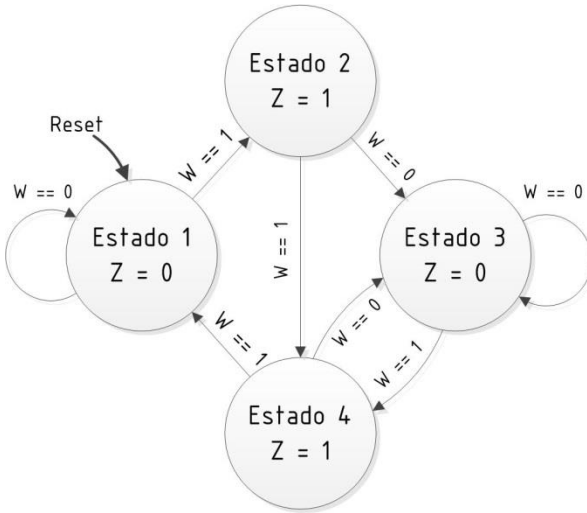
F.I.: _____ F.F.: _____ F.C.: _____

Calificación: _____

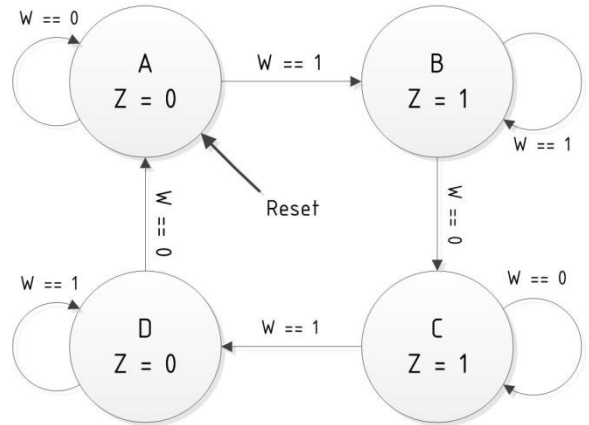
Firma Profesor: _____

1. Se tienen las siguientes máquinas de estados.

a.

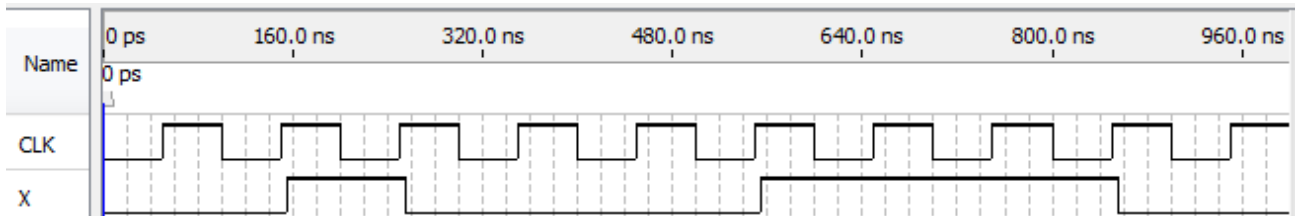


b.



Para las cuales se pide:

- I. Identificar la cantidad de estados.
- II. Identificar la cantidad de salidas.
- III. Identificar la cantidad de entradas.
- IV. Realizar la tabla de verdad.
- V. Obtener los valores de las salidas de los circuitos en el tiempo, si la señal **X** se conecta a la entrada **W**, indicando además el estado actual en cada ciclo de clock. Considere que en el instante 0s se reseteo y que se trabaja con los flancos ascendentes.



2. Para las siguientes tablas de estados:

a.

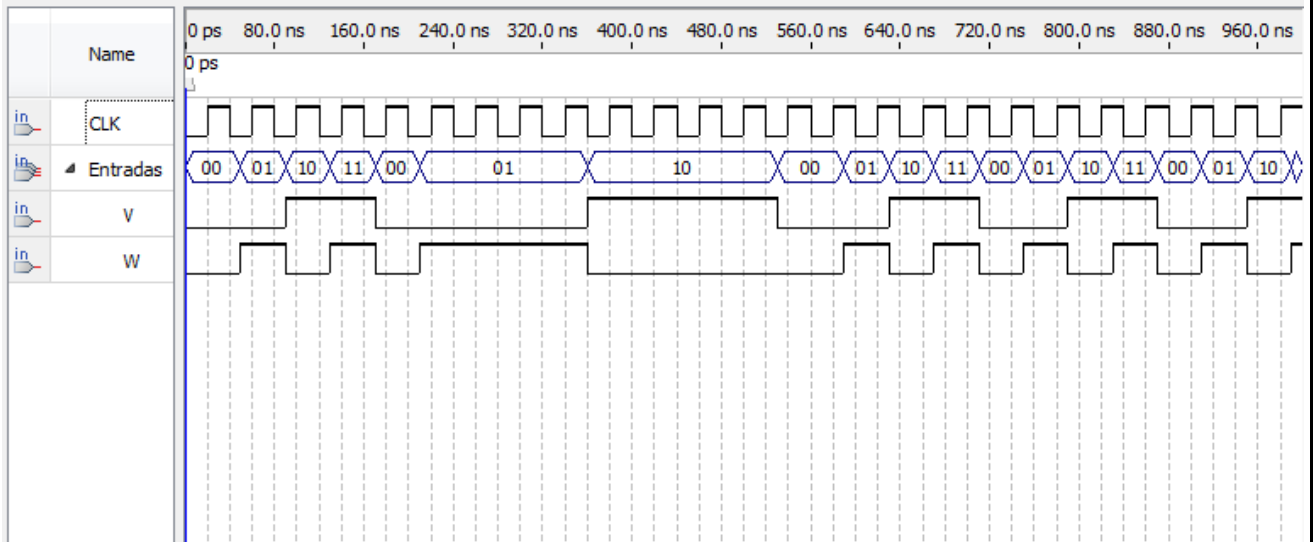
Est. Act.	Estado Futuro [VW]				Salidas	
	00	01	10	11	Y	Z
A	A	B	C	D	0	0
B	A	B	C	D	0	0
C	A	B	C	D	0	0
D	E	E	E	D	0	0
E	F	F	F	F	0	1
F	G	G	G	G	1	0
G	A	A	A	A	1	1

b.

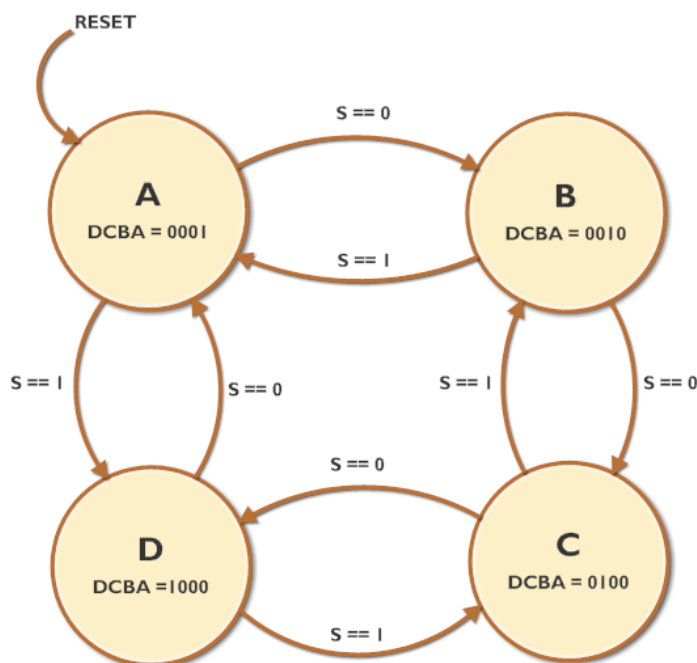
Est. Act.	Estado Futuro [VW]				Salidas		
	00	01	10	11	X	Y	Z
A	F	B	A	B	0	0	0
B	A	B	C	C	0	0	1
C	B	D	C	D	0	1	1
D	C	D	E	E	1	1	1
E	D	F	E	F	1	1	0
F	E	F	A	A	1	0	0

Se pide:

- I. Obtenga el diagrama de estados.
- II. Si se tienen Flip-Flops de flanco ascendente y las señales **V** y **W** se conectan a las respectivas entradas, identifique los valores que toman las salidas y los estados a lo largo del tiempo.



3. Diseñe una máquina de estados, tal que ponga un 1 en su salida si se lee en su única entrada un 0 seguido de un 1. Para el diseño considere realizar el diagrama y la tabla de estados.
4. Diseñe una máquina de estados, tal que ponga un 1 en su salida si los dos valores previos de su única entrada (leídos en los flancos ascendentes) son 00 ó 11 (es decir se repite el 0 o se repite el 1), en el resto de los casos la salida deberá ser 0. Para el diseño considere realizar el diagrama y la tabla de estados.
5. Realice una máquina de estados que continuamente realice en su salidas dos salidas (**XY**) la secuencia **XY=00, XY=01, XY=10, XY=11** y luego vuelva a empezar. Cree el diagrama, la tabla y simúlelo.
6. Un motor paso a paso puede ser controlado con la siguiente máquina de estados:



Se pide:

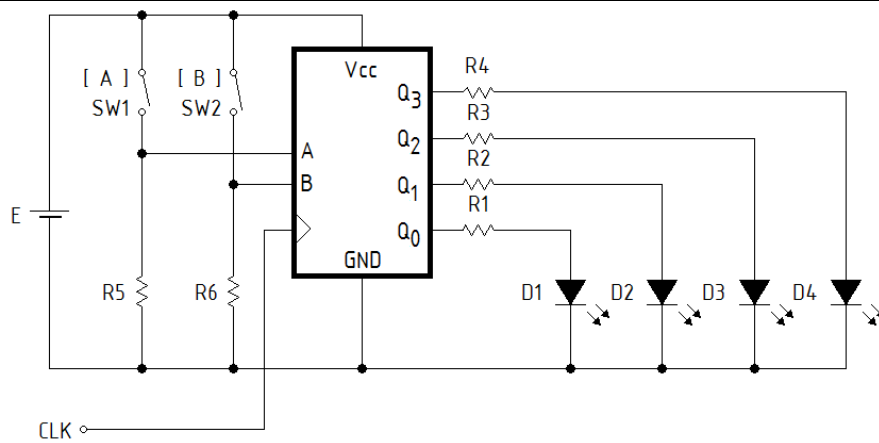
- a. Obtenga la tabla de estado.
- b. Simúlelo.

7. Se tiene un pulsador que al presionarlo pone un 1 en una entrada digital y un 0 en su estado normal. A partir de esto, se pide una máquina de estados que ponga por un único ciclo de clock un 1 en su salida si se detectó que el pulsador se presionó. Si el pulsador se mantiene presionado habrá que esperar que el mismo se suelte y se vuelva a presionar para que la salida vuelva a ponerse en 1. Realice el diagrama, la tabla y simúlelo.
8. Ídem al anterior, pero ahora deben existir dos salidas en una se leerá un 1 por un único ciclo de clock cuando el pulsador se pulse y por la restante un 1 por un único ciclo de clock cuando se suelte.
9. Se tiene conectado un Led a la salida de un circuito y un pulsador a la entrada, se desea que al presionar el pulsador el led parpadee dos veces. Para que vuelva a generarse el parpadeo, habrá que volver a presionar el pulsador una vez que haya terminado la secuencia anterior (es decir que si se mantuviera presionado o si se volviera a presionar mientras se realiza el parpadeo no podrá volver a dispararse la secuencia). Realice el diagrama, la tabla de estados y simúlelo.
10. Idem pero que el Led destelle 3 veces.
11. Se tiene un led a la salida de un circuito y dos pulsadores en las entradas **P1** y **P2**, se desea realizar con estos una máquina de estados que permita:
 - Hacer parpadear una vez el led si se presiona y suelta **P1** y luego vuelve a presionarse **P1**.
 - Hacer parpadear dos veces el led si se presiona y suelta **P1** y luego vuelve a presionarse **P2**.
 Cualquier otro caso deberá generar un reset interno y volver a esperar estas combinaciones. Siempre se debe esperar que se suelten los pulsadores para volver a empezar. Realice el diagrama, la tabla de estados y simúlelo.
12. Un circuito tiene dos entradas A y B y pone un 1 en su salida Z solamente si en los últimos tres pulsos de clock ambas entradas tomaron el mismo valor ($A=B$).

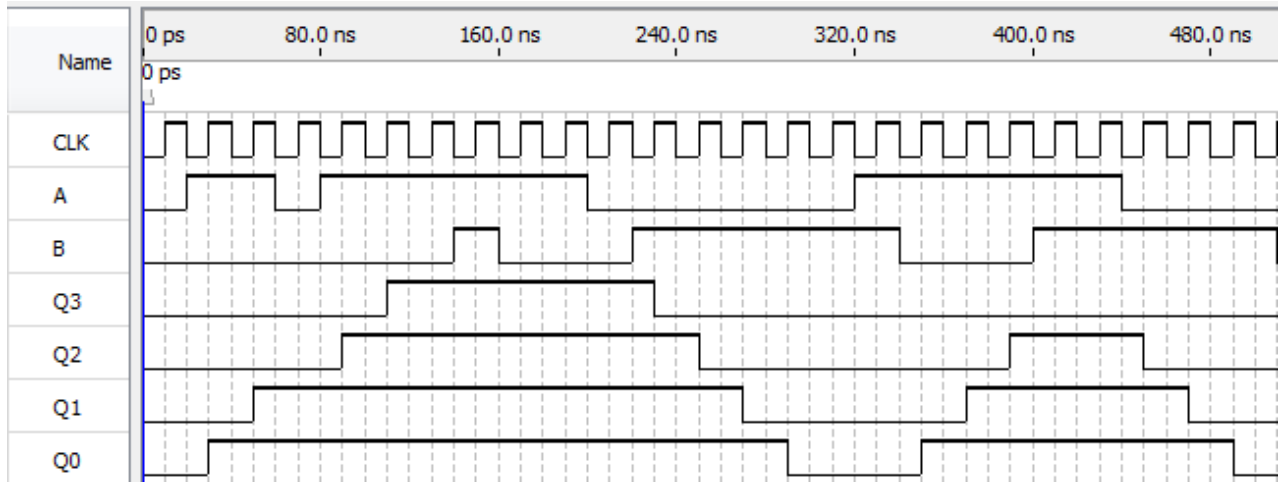
	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
B	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1
A	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
Z	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0

Se pide:

- Dibuje las señales en función del tiempo en base a la tabla del enunciado.
 - Obtenga el diagrama de estados y transiciones, en base al mismo obtenga luego las tablas.
 - Dibuje el circuito.
13. El siguiente esquema de un circuito muestra 4 leds y dos llaves. Se desea que los leds vayan encendiéndose de a uno (hasta que todos se enciendan, se comienza encendiendo Q0 y se termina en Q3) cuando la entrada A esté en 1 y B en 0. Si en cambio B vale 1 y A toma el valor 0, se desea que se vayan apagando por cada ciclo de clock (hasta que todos se apaguen, se comienza apagando Q3 y se termina en Q0). Si $A=B$, no deberán modificarse los estados de los leds.



La siguiente simulación da una idea del funcionamiento.

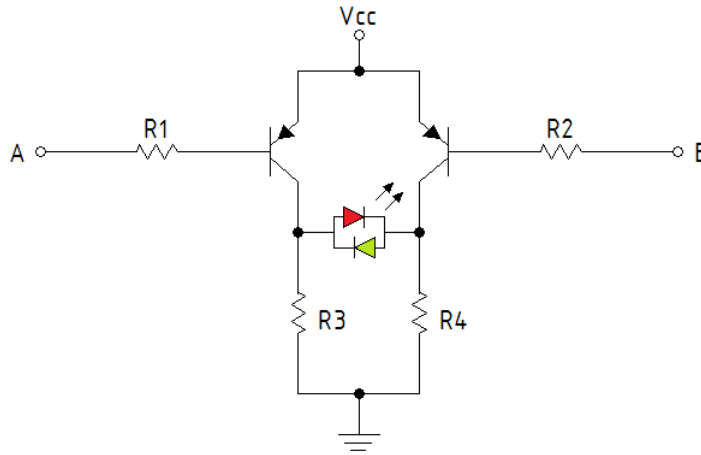


Se pide:

- Obtenga el diagrama de estados.
- Obtenga la tabla de estado.
- Simule la máquina de estados.

14. Al ejercicio anterior ahora se desea que se vayan prendiendo y apagando cada uno de los leds a medida que se presiona y suelta cada uno de los pulsadores. Si se presiona A un led más se encenderá hasta completar los cuatro, pero si se presiona B habrá que apagar un led hasta que no se puedan apagar más. Hagas las consideraciones pertinentes en el caso de que se presionen paralelamente ambos pulsadores.

15. Se tienen dos pulsadores normal open con pull-ups. Cuando el primer pulsador (P_1) se presione se desea que el led rojo encienda y se mantenga encendido hasta que se presione el otro pulsador (P_2), momento en el cual el led verde deberá encenderse, hasta que nuevamente se presione P_1 , volviendo a iniciar la serie. En resumen, P_1 enciende el led rojo y P_2 el verde, pero se debe tener en cuenta que el led rojo tiene prioridad sobre el led verde, en el caso de que se busquen encender ambos a la vez. Si al momento del arranque, se da una combinación en B y A tal que ninguno de los dos leds enciendan se debe forzar que el led rojo encienda. Como los pulsadores tienen rebote se trabaja con una señal de CLK de 50Hz para evitar este problema. Con toda esta información diseñe el diagrama de estados, la tabla y la simulación.



16. Al ejercicio del punto anterior, se desea además que los leds titilen. Realice el diagrama de estados, la tabla y la simulación.

MÁQUINA EXPENDEDORA

Una máquina expendedora de caramelos debe llegar, cobra cada dulce \$0,75 y no da vuelto. Por razones de diseño, solo acepta monedas de \$0,50 (C) y \$0,25 (V). Se desea implementar el sistema de cobro mediante una máquina de estados que se muestra a continuación. Como entradas de la máquina, se tiene un circuito que detecta que tipo de moneda es y entrega en su salida:

- V=1 y C=0 si se trata de una moneda de \$0,25.
- V=0 y C=1 si se trata de una moneda de \$0,50.
- V=0 y C=0 si no hay moneda en el lector.

Como el sistema de lectura de la moneda es algo lento y presenta rebote se ha decidido que la máquina de estados tenga esto en cuenta y considere que una moneda fue ingresada si se leyó en la entrada primero un valor válido de moneda (V=1 y C=0 / V=0 y C=1) y luego la ausencia de monedas (V=0 y C=0). Cuando la suma sea \$0,75 o más se deberá poner en 1 la salida hasta que pase la última moneda y luego volver a esperar una nueva.

La señal de clock tiene una frecuencia tal que evita el problema de los rebotes.

Se pide:

- Obtener el diagrama de estados.
- Obtenga la tabla de verdad.

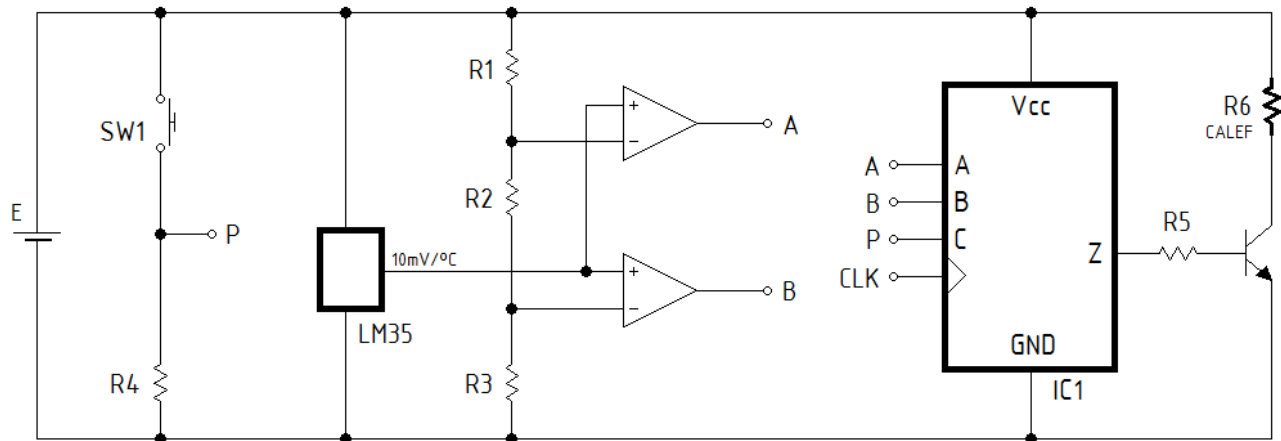
CONTROL DE TANQUE DE AGUA

Un tanque de agua provisto de dos sensores de nivel A y B (A corresponde a un nivel más bajo que B) se desea que mantenga el nivel de agua entre ambos niveles, pese al consumo de agua que hace que el nivel de agua en el tanque decrezca. Para ello se dispone de una bomba motorizada que, de ser necesario, carga el tanque. Los sensores suministran un 1 cuando el agua los ha tapado, y el motor de la bomba requiere de un 1 para ponerse en funcionamiento. Lógicamente que no puede darse en condiciones normales que sea A=0 y B=1. Pero se considera que esa situación podría ser indicadora del mal funcionamiento del sistema, en cuyo caso se desea, por razones de seguridad, que el motor esté apagado. Se quiere realizar el control de la operación del motor con un circuito síncrono. La latencia admisible, teniendo en cuenta que se debe evitar tanto el vaciado del tanque como su desborde, es de varios minutos. Sin embargo, se ha fijado por comodidad la frecuencia del reloj en 1 kHz. Se pide:

- Dibujar el diagrama de estados.
- La tabla de transiciones.

CONTROL DE PAVA ELÉCTRICA

Se desea realizar una pava eléctrica para calentar el agua para el mate. Se sabe que la temperatura ideal del agua está entre 80°C y 84°C . Para medir la misma, se emplea un sensor (LM35) que entrega $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, es decir a 80°C entregará $0,8\text{V}$ y a 84°C el valor en su salida será $0,84\text{V}$. A fin de poder realizar el control, se ha optado por emplear el siguiente circuito:



Los valores de R1, R2 y R3 se han ajustado para que los comparadores trabajen de la siguiente forma:

- Si la temperatura es mayor a 84°C , $A=1$ y $B=1$.
- Si la temperatura es mayor a 80°C , $A=0$ y $B=1$.
- Si la temperatura es menor a 80°C , $A=0$ y $B=0$.

La R6 es una resistencia calefactora capaz de calentar el agua a una temperatura mayor que 84°C , por lo tanto se deberá encender y apagar a fin de regular la temperatura entre los valores deseados. Por razones de seguridad, se desea que el agua comience a calentarse cuando el usuario presione el pulsador SW1 y se detenga cuando se vuelva a presionar (el rebote que pueda presentar el mismo se elimina con la señal de CLK que ha sido seleccionada para esta causa). Es importante tener en cuenta que para comenzar el proceso, el pulsador se debe apretar y luego soltar para evitar que el control se detenga ni bien comenzado (tenga esta consideración al momento de diseñar el diagrama de estados).

Se pide:

- Obtenga el diagrama de estados.
- Obtenga la tabla de estados.
- Simular el comportamiento de la máquina.

BARRIDO DE LEDs CON DIRECCIONAMIENTO

Diseñe un sistema secuencial sincrónico que consta de 4 salidas "C3 C2 C1 C0" y una entrada "Di" (dirección) por la cual se indicará con un "1" o un "0" cómo evolucionarán las salidas. A continuación encontrará que las salidas evolucionan de la siguiente manera:

- "0001" "0010" "0100" "1000", cuando $Di="0"$
- "0001" "1000" "0100" "0010", cuando $Di="1"$

Además el sistema debe contar con una entrada de habilitación "E" que cuando está en "1" el circuito funciona de manera normal y cuando está en "0" queda congelado conservando las salidas su valor. Las salidas deben ser de tipo Moore. Se pide:

- El diagrama de estados.
- La tabla de transiciones.

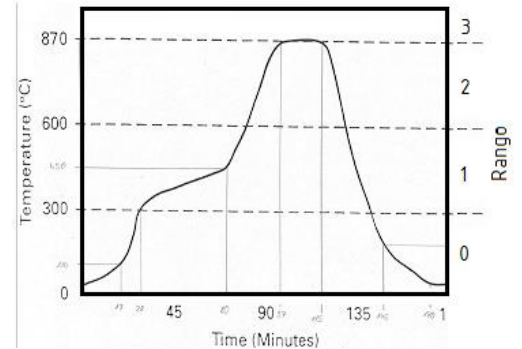
HORNO LTCC



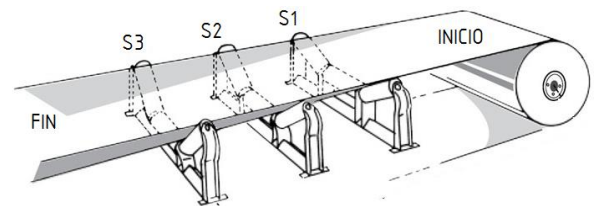
Se desea implementar el control de un sistema que permite realizar la cocción en el proceso de fabricación de dispositivos con tecnología LTCC (Low temperature co-fired ceramic). La máquina típica capaz de hacer esto consiste en un horno y una cinta transportadora. El horno se encarga controlar la temperatura en el interior de la máquina a fin de lograr la curva de temperatura mostrada en la imagen que asegura la buena cocción de los dispositivos LTCC.

La cinta transportadora en cambio se asegura de que el dispositivo que se encuentra en el interior del horno se encuentre en la posición adecuada para que su temperatura pueda alcanzar los valores adecuados. Tres sensores en la cinta posibilitan ubicar el dispositivo en la cinta.

Manualmente una persona coloca el dispositivo LTCC a cocinar en el **INICIO** y enciende el horno. Mientras la temperatura se encuentre por debajo de los 300°C (rango 0) la cinta no debe moverse. Una vez que alcanzada esta temperatura, el dispositivo debe llevarse a la posición del Sensor 1, donde debe permanecer hasta que la temperatura llegue a 600°C. Al alcanzar la nueva temperatura límite se deberá mover el LTCC a la posición del Sensor 2. Aquí permanecerá hasta que la temperatura supere los 870°C. Alcanzado este último tope de temperatura, se deberá llevar el dispositivo hasta el sensor 3, donde al llegar deberá detenerse la cinta y activarse una alarma que sonará hasta que la temperatura del horno baje por debajo de los 300°C (siempre con S3 activado).



Los tres sensores (**S3**, **S2** y **S1**) de la cinta están conectados a un codificador, cuyas salidas son C1 y C0 (están son las entradas disponibles) que tomarán los valores 00 cuando ninguno detecte la presencia del dispositivo LTCC, mientras que valdrán 11, 10 y 01 cuando se activen S3, S2 y S1 respectivamente (nunca se activan dos a la vez).



Para sensar la temperatura, se tiene de un ADC de 5 bits que entrega su máxima combinación (11111b) cuando la temperatura es 930°C.

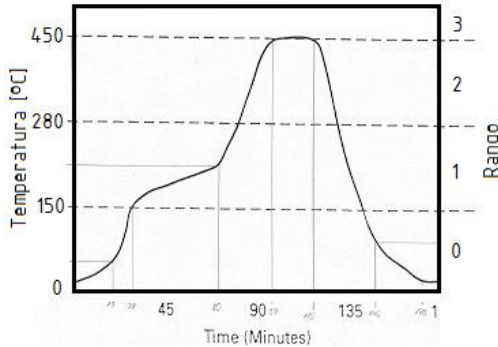
Para no arruinar el motor de la cinta es importante que una vez que se encienda no se apague hasta que la placa haya llegado a la posición deseada. Los señores de temperatura suelen tener ruido en su señal de salida, con lo cual podría ocurrir que si bien la temperatura en el horno aumenta y al final disminuye, en algún momento la señal de salida baje cuando debería aumentar (por ejemplo se mide una temperatura de 315°C y un segundo después se obtiene 294°C con el horno calentando). Esta imperfección del sensor podría hacer que el motor se apague ya que el rango de temperatura cambio.

En base a lo mencionado, obtenga una máquina de estados capaz de controlar la alarma. Debe considerar en su máquina de estados que una vez que comience el movimiento, el mismo no se detenga hasta completar el cambio de posición.

REACTOR INDUSTRIAL

En la industria, es común la utilización de reactores (como el de la derecha) en los procesos de fabricación de químicos. Los mismos poseen en su interior una serpentina que posibilita controlar la temperatura en el recipiente y una válvula en la parte inferior para quitar líquidos durante el proceso y evitar que la presión haga explotar la vasija.

Una empresa se encuentra desarrollando un nuevo producto, el cual necesita tener el nivel de líquido en el interior del recipiente por debajo de ciertos niveles a medida que la temperatura sube para evitar que la presión suba demasiado. Es por eso que se han colocado tres sensores de nivel en el reactor (S3, S2 y S1), los cuales se encuentran conectados a un codificador con prioridad que entrega en sus salidas C1 y C0 en su salida 11 cuando el nivel de líquido supera la posición de S3, 10 cuando el nivel está por debajo de S3 y sobre S2, 01 cuando el nivel está por debajo de S2 y sobre S1, mientras que la salida tomará el valor 00 cuando el nivel esté por debajo de S1.



El proceso comienza con recipiente a temperatura ambiente y el nivel de líquido por encima de S3. Un operario hace circular vapor de agua por la serpentina y la temperatura comenzará a subir. Cuando la misma supere los 150°C

deberá abrirse la válvula inferior a fin de quitar líquido del recipiente hasta que el líquido esté entre S3 y S2, donde deberá mantenerse hasta que la temperatura llegue a 280°C. Superado este nuevo valor, nuevamente deberá abrirse la válvula hasta que el volumen de líquido se encuentre entre S2 y S1, mientras la temperatura sigue subiendo hasta los 450°C. Finalmente, alcanzado este último valor deberá abrirse la válvula para que el nivel de líquido se encuentre por debajo

de S1. Una vez pasado este punto (es decir con el líquido por debajo de S1 y la temperatura sobre 450°C), se debe activar una alarma para que un operario haga circular agua fría por la serpentina y comience a enfriarse la vasija. La alarma deberá apagarse cuando la temperatura esté por debajo de los 150°C (tenga en cuenta que al enfriarse, el líquido nunca puede volver a superar a S1).

Para sensar la temperatura, se tiene de un ADC de 5 bits que entrega su máxima combinación (11111b) cuando la temperatura es 496°C.

Como la válvula puede romperse es importante que una vez que comienza la liberación de líquido no se detenga hasta que se haya alcanzado el nivel buscado. Como en el ejercicio anterior, el sensor es ruidoso y esto podría traer problemas.

Con todo lo mencionado anteriormente diseñe una máquina de estados capaz de controlar

MEZCLADORA

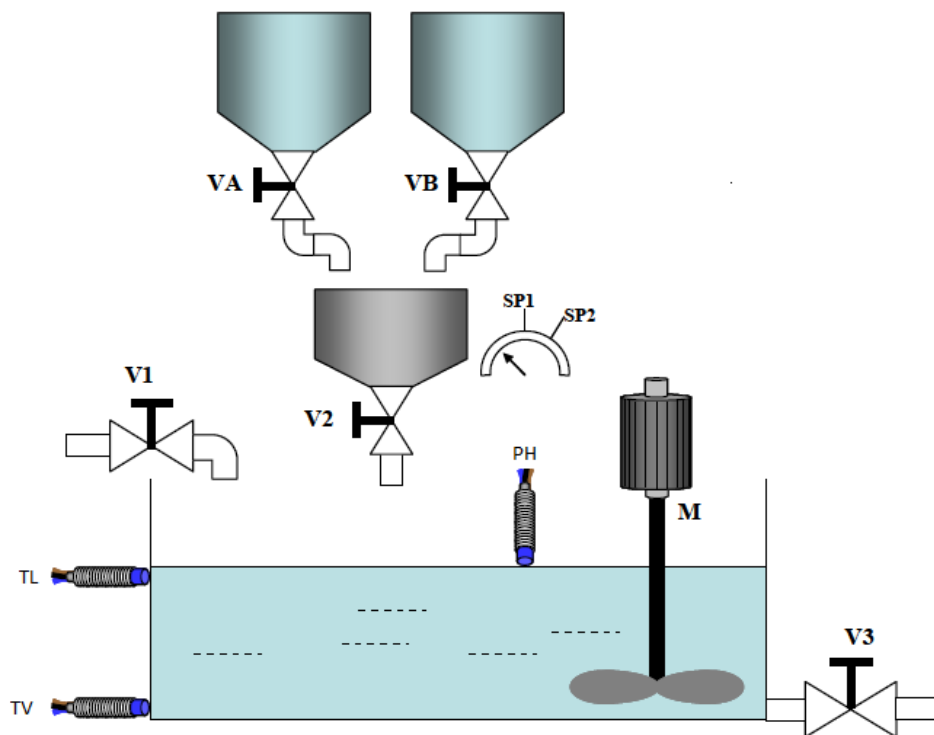
Se quieren mezclar 2 productos con agua y obtener un pH determinado para dicha solución. Primero se llena el depósito de agua abriendo la válvula V1 (**salida**), hasta llenar el tanque indicado con el sensor TL = Tanque Lleno (**entrada**).

Una vez llenado el tanque se pasa a dosificar los dos productos mediante una tolva acumulativa, se vierte el producto A con la válvula VA (**salida**) sobre la tolva hasta que se alcanza un peso de 1kg y a continuación se añade el producto B con la válvula VB (**salida**) para conseguir el peso total de los 2 productos igual a 2.5kg. Para sensar el peso, se tiene de un ADC (**Entrada**) de 3 bits que entrega su máxima combinación (111b) cuando el peso es de 3kg.

Luego se abre la válvula (V2, **salida**) de la tolva hasta que el ADC vuelva a marcar 0kg (000b), indicando que se vació todo el contenido de la tolva.

Ya con todos los productos en el tanque se procede a mezclarlos activando el motor del agitador (M, **salida**) hasta que el medidor de ph (PH, **entrada**) indique que se obtuvo la solución deseada o durante 10 minutos.

Por último se pasa a vaciar el tanque accionando la válvula de vaciado (V3, **salida**) hasta llegar al sensor (TV = Tanque Vacío, **entrada**).



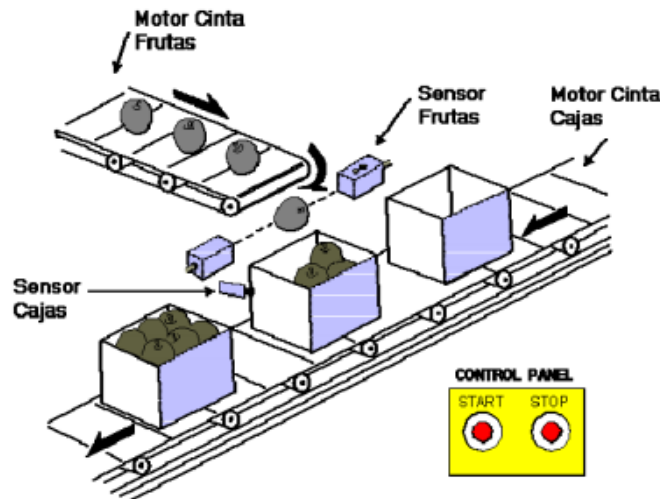
Se pide diseñar una máquina de estados capaz de controlar el sistema que considere que la balanza suele tener una señal de salida ruidosa con lo cual es probable que se cometan errores al momento de realizar la medición y una vez que se dispare un proceso, un cambio erróneo en la variable medida en el ADC no puede detenerlo ya que podría quemar algún mecanismo.

CAJAS DE FRUTAS

Tenemos un sistema de carga automática de cajas de fruta compuesto por dos cintas transportadoras como aparece en la figura.

Cuando se pulsa el botón de puesta en marcha (START), se inicia el movimiento de la cinta que transporta las cajas hasta que se sitúa una caja vacía en la posición de llenado. Cuando hay caja en la posición de llenado, se mueve la cinta transportadora de fruta para ir dejando caer piezas en la caja. Cada caja debe llenarse con 7 piezas de fruta. Una vez que la caja se ha llenado, se para la cinta que transporta fruta y se mueve la cinta que transporta las cajas para retirar la caja llena y situar una nueva caja vacía en la posición de llenado. Si se pulsa el botón de STOP el sistema debe pararse completamente.

La cantidad de frutas se indica mediante tres entradas (C B A) las cuales 111=7 frutas 000=0 frutas. **Nota:** Antes de mover cinta de transporte de cajas, esperar un ciclo para que caiga la fruta 7.



ESTACIONAMIENTO

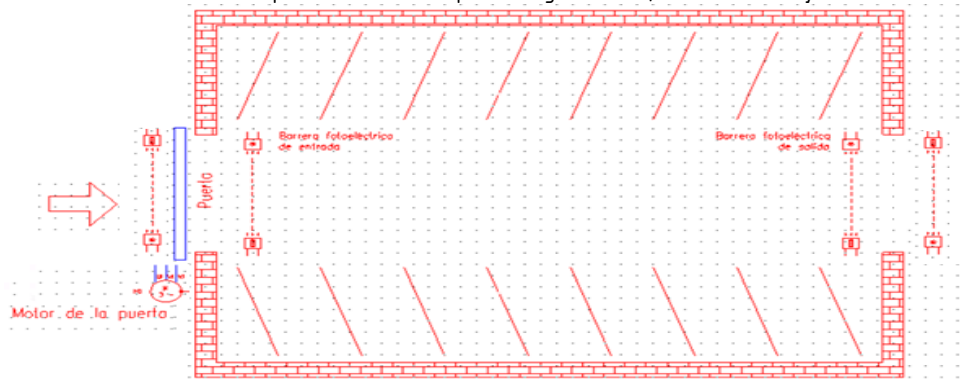
Se desea realizar el control de entrada y salida de autos de un estacionamiento como el de la figura siguiente, en donde la entrada y salida de autos se realiza por diferentes puertas.

La puerta de entrada consta de dos barreras infrarrojas las cuales accionan la apertura o cierre del portón mediante un motor.

La puerta de salida únicamente consta de dos barreras infrarrojas para saber si un auto ha dejado el estacionamiento.

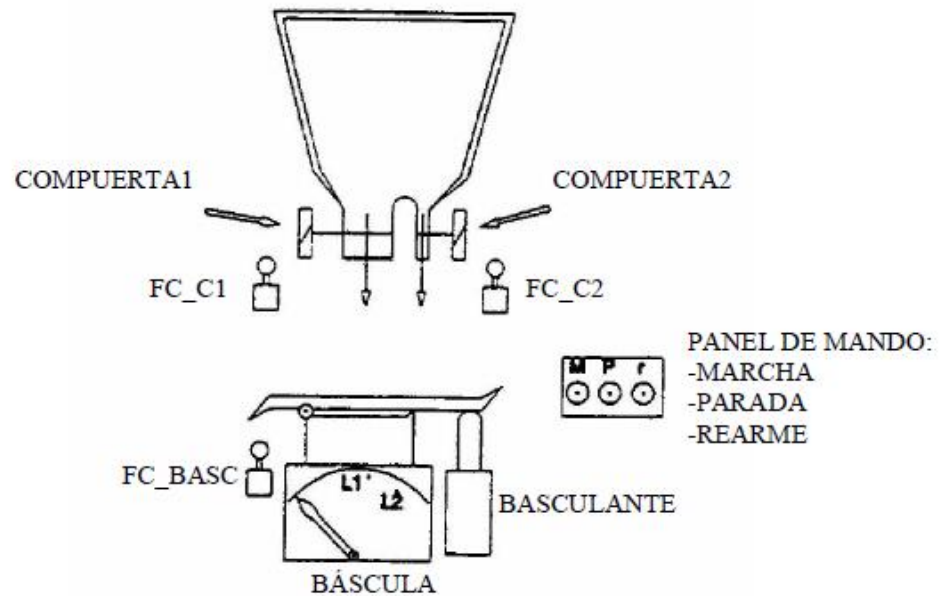
El lugar tiene espacio solo para 8 autos (3 bits). Se deben contar la cantidad de autos que ingresaron y las que salieron para indicar si hay o no espacio libre mediante dos luces en la entrada, una roja para indicar que no hay más lugar y una verde para indicar que hay espacios vacíos. El portón no debe permitir entrar autos si no hay lugares disponibles.

NOTA: se pueden realizar diferentes máquinas de estado para luego unir las, evaluar si hay similitudes entre ellas.



BÁSCULA INDUSTRIAL

Se desea llevar a cabo la automatización de una báscula industrial como la representada en la siguiente figura.



Cuando se active el pulsador de arranque el sistema comenzará un ciclo de pesada. Para ello realizará la apertura de las dos compuertas mediante los cilindros neumáticos

COMP1 y **COMP2**. La compuerta 2 permanecerá abierta hasta que la báscula marque la lectura L1, pasando inmediatamente a cerrarse. La compuerta 1 permanecerá abierta hasta que la báscula marque la lectura L2, pasando entonces a cerrarse.

Una vez que se haya alcanzado el peso L2, se procederá al vaciado de la báscula. Para asegurar que se produce un vaciado total de la báscula, el mecanismo de vaciado ha de ser accionado **3 veces**. El mecanismo de vaciado está formado por un cilindro neumático (**BASC**) y un sensor (**FC_BASC**) para detectar cuándo la bandeja de la báscula ha alcanzado la inclinación de descarga. Una vez en esta posición, la bandeja permanecerá en ella **durante 3 segundos** antes de volver a su posición de reposo. El paso de la báscula por L1 no debe producir ningún efecto durante el proceso de vaciado.

Si durante el ciclo de pesada se pulsa el pulsador de inicio no debe suceder nada. Si en cualquier momento se pulsa el pulsador de paro de emergencia (**PARADA**), se deberán cerrar inmediatamente las compuertas 1 y 2 parándose el sistema. El operario subsanará manualmente la situación que haya provocado la parada de emergencia llevando al sistema a condiciones iniciales.

NOTA 1: Los cilindros neumáticos se activan con un "1" lógico y se desactivan con un "0" lógico

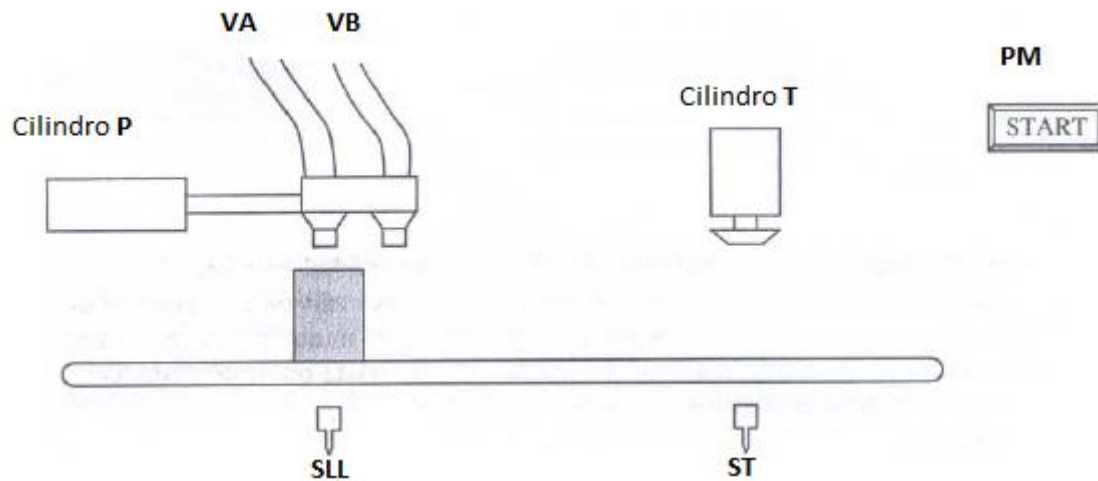
NOTA 2: El valor de la báscula se obtiene a partir de un ADC de 3bits, siendo L1=100 y L2=110.

SISTEMA DE ENVASADO

Un sistema de envasado está formado por una cinta por la que se transportan los recipientes (botellas), el sistema de llenado y el sistema de taponado.

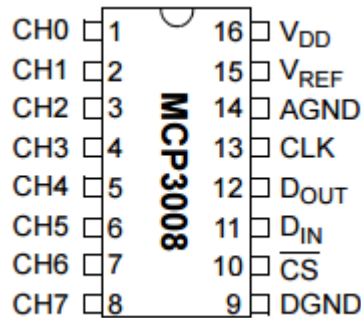
El sistema de llenado permite seleccionar entre dos productos A y B mediante un cilindro (P) que mueve las válvulas a la posición de llenado. Un sensor (SLL) detecta un bote bajo la posición de llenado, se para la cinta y se abre la válvula A (VA) durante 5 segundos. Si hubiera que llenar el bote de producto B, primero se desplazaría el sistema de llenado a la posición B, se abriría esta válvula (VB) durante 6 segundos y se volvería a colocar el cilindro en la posición A.

Luego, se pone en marcha la cinta hasta que el recipiente llega a la posición de taponado, detectado por un sensor (ST). Después se pone en marcha la taponadora (Cilindro T). Las necesidades de producción hacen que se llenen series de 5 botellas, 3 con el producto A y 2 con el producto B. El proceso se pone en marcha con un pulsador (PM).

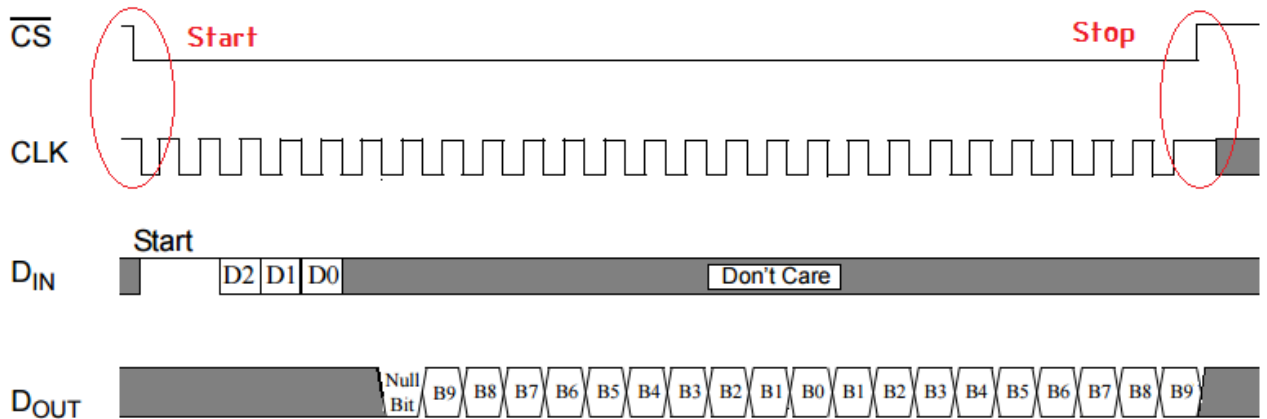


CONTROL DE UN ADC SPI

El KIT de FPGA que provee el colegio tiene disponible un convertor analógico digital que permite trabajar con distintas señales entregadas por potenciómetros, sensores, etc. El mismo es el MCP3008 de 10 bits de resolución que dispone de 8 canales analógicos, es decir pueden digitalizarse hasta 8 señales analógicas a la vez. La salida del mismo es serie (protocolo de comunicación SPI) a fin de no necesitar de 10 salidas por cada canal.



Como se presenta en la siguiente, la trama de comunicación emplea 4 señales: CS (chip select), CLK (serial clock), DIN (serial data in) y DOUT (serial data out). Para poder realizar una medición con el convertor es necesario, completar una trama que respeto lo presentado en la imagen. La señal DIN permite además elegir el canal que se desea convertir.



Mediante CS se da comienzo a la comunicación, para ello es necesario generar la señal de *start* la cual consiste en un poner CS=0 mientras CLK se encuentra en 1 (en la figura se identifica esto). De forma similar, la señal de *stop* se genera poniendo CS=1 mientras CLK=1. Por último, CS debe permanecer en 0 durante toda la comunicación ya que la misma habilita el chip.

Así mismo, con DIN se configura al dispositivo, enviando dos 1 en los dos primeros flancos ascendentes y luego los 3 bits correspondientes al canal que se desea leer (ver la figura de la derecha), una vez hecho esto, valor que toma la misma no tiene importancia.

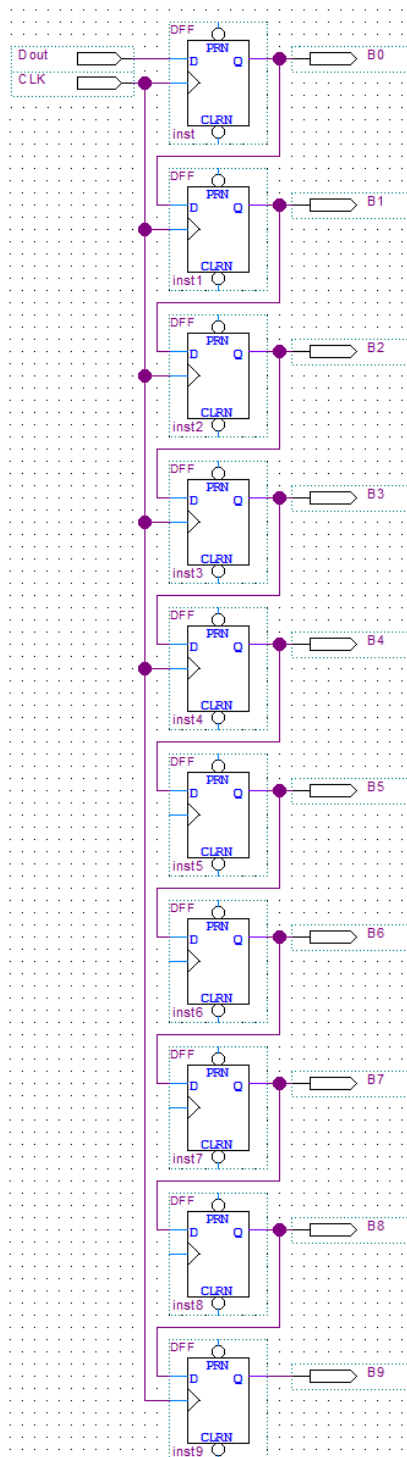
Tras enviar D2, D1 y D0, viene un pulso de clock que no tiene importancia y luego comienza la transmisión de datos del convertor a la FPGA. El primer dato es un 0, el cual indica que el chip contestará el pedido y luego se mandan los 10 bits medidos en el canal indicado (note que varios de ellos se envían dos veces).

En base a esto se pide:

- Dibuje una trama completa que considere todas las señales si se deseara medir el canal 5 del ADC, cuando el mismo está midiendo una tensión asociada a la combinación 857 en la entrada mencionada.
- Proponga una solución dividiendo la problemática en partes (bloques), cada una de las cuales controle distintas partes de la comunicación de las señales CLK, CS y DIN.
AYUDA: cada bloque podría ser habilitado por el anterior.
- Obtenga cada uno de los diagramas de estados correspondientes a cada bloque propuesto en el ítem anterior.

Control Bit Selections			Channel Selection
D2	D1	D0	
0	0	0	CH0
0	0	1	CH1
0	1	0	CH2
0	1	1	CH3
1	0	0	CH4
1	0	1	CH5
1	1	0	CH6
1	1	1	CH7

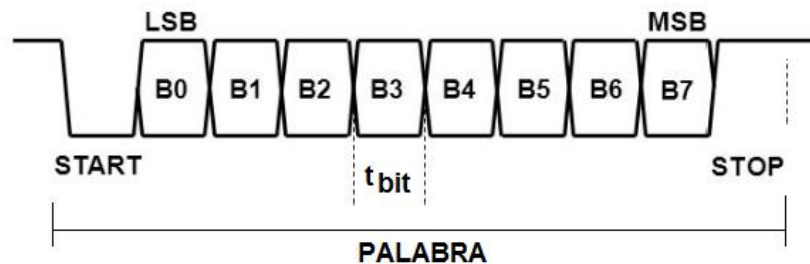
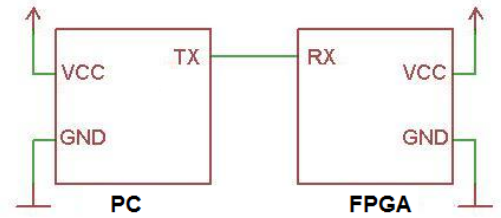
- D. Teniendo un circuito como el mostrado en la figura de abajo, correspondiente a un conversor seria a paralelo, amplíe lo planteado en el ítem A con nuevos bloques para poder controlar este conversor de forma tal que en sus 10 salidas se presenten los bits entregados por el ADC.
- E. Obtenga los diagramas de las nuevas máquinas y de ser necesario modifique alguna del punto B.



RECEPTOR UART

Se desea enviar datos a la FPGA desde una PC, para lo cual se opta por utilizar el protocolo UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*) que como su nombre lo indica la señal de clock no envía por lo cual ambos equipos deben tener prefijada la frecuencia de operación.

Es protocolo permite trabajar de distintas formas, pero la más utilizada, considera enviar un byte (8 bits) de información por envío. Para tal fin debe generar en el transmisor (TX) una señal como la mostrada a continuación:

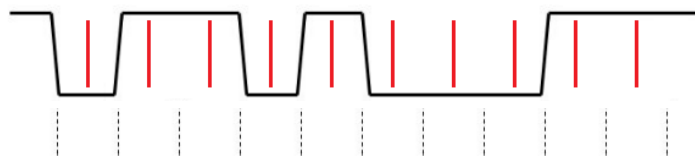


En la misma lo primero a enviar es el bit de *start*, que pondrá en 0 la línea de transmisión, acto seguido se enviarán los 8 bits del byte comenzando por el menos significativo (LSB) y aumentando hasta el MSB para finalmente enviar el bit de *stop*.

Como se mencionó anteriormente, al no enviarse el clock el transmisor y el receptor (RX) deben saber la frecuencia de operación de la comunicación. Por esto es importante definir las siguientes cuestiones:

- **tbit**: tiempo que dura cada bit.
- **Baudios**: se define como $1/t_{bit}$. Mientras mayor sea este valor, más información podrá enviarse por segundo. Su unidad es bits por segundo.

El protocolo propone que la lectura de cada bit no se haga en las transiciones sino que se haga $t_{bit}/2$ segundos después de cada una de ellas. En otras palabras la lectura debe hacerse en el medio de cada transición como se muestra a continuación en rojo:



En este ejemplo, se está enviando el byte 10001011b. Para lograr que la lectura sea en el instante adecuado, el RX trabaja con un clock interno cuya frecuencia es 16 veces mayor que un baudio ($f_{CLK} = 16 \cdot \text{Baudios}$). De esta manera, cada bit dura 16 pulsos de clock y la lectura debe hacerse en el 8 flanco.

En conclusión, todo comienza cuando en la línea se detecta un cambio de 1 a 0, de ahí en más se esperan 8 pulsos de clock para corroborar que se trata del bit de *start*. A partir de este punto, cada 8 pulsos de clock se dará comienzo al próximo bit y 8 flancos después habrá que leerlo, procedimiento que se repite para los 8 bits del byte. Finalmente se leerá de forma similar el bit de *stop* (detectando el 1).

En base a esto, se pide:

- A. Dibuje la señal que se recibiría si se envía el byte 01100010b sabiendo que los hay 9600 baudios (grafique el tiempo en función del tiempo).
- B. Genere un bloque que detecte un flanco descendente en la línea y genere ponga un 1 en su salida por un único ciclo de clock. Este componente además debe trabajar únicamente cuando una señal de Enable se encuentre en 1.
- C. Debe generar ahora un bloque que compruebe si el primer bit es de *start*, con lo cual una vez que el bloque del ítem A genere el 1 en su salida (considerado como pulso de arranque) deberá contar 8 ciclos y si el valor de RX es 0 en ese instante, deberá esperar 8 ciclos para generar un único 1 por un ciclo de clock en una salida (será un pulso de arranque para el bloque siguiente.), caso contrario (es decir si se lee un 1) deberá

volver a esperar el pulso generado por el bloque A. Por último, mientras la máquina no esté esperando el arranque, debe poner en otra salida un 1, indicando que este bloque está operando.

- D. Se debe generar un bloque que espere el pulso de arranque para contar 8 pulsos, leer y guardar el valor de RX y contar 8 ciclos más para generar un pulso de arranque en una salida. Mientras se esté operando (es decir mientras no se está esperando el pulso de arranque), otra salida debe indicar esto poniendo un 1 constante en la salida.
- E. Cree un bloque similar al del ítem B pero que detecte el bit de *stop* e indique en una salida con un 1 por un único ciclo de clock que la trama se recibió correctamente en el caso de que este valor sea 1. Al igual que en los casos anteriores debe indicarse en una salida que el bloque está operando con un 1.
- F. Una todos los bloques y genere un receptor UART.

TRANSMISOR UART

Repita el ejercicio anterior pero ahora genere un transmisor UART de forma que desde la FPGA se pueda enviar información a la PC. La frecuencia de CLK coincide en este caso con los baudios (no es necesario multiplicarla por 16). El componente debe comenzar a operar cuando se detecte un 1 en la entrada "comienzo" y se deben enviar los valores registrados en las 8 entradas restantes (una por cada bit a enviar). Naturalmente la trama debe considerar el bit de *start* y el de *stop*.

Se detallan a continuación los ejercicios a presentar por cada grupo. Los ejercicios deben realizarse en hojas separadas por ambos integrantes.

GRUPO	PARTE 1	PARTE 2		MÁQUINA EXPENDEDORA	CONTROL DE TANQUE DE AGUA	CONTROL DE PAVA ELÉCTRICA	BARRIDO DE LEDs CON DIRECCIONAMIENTO	CAJAS DE FRUTAS	ESTACIONAMIENTO	BÁSCULA INDUSTRIAL	SISTEMA DE ENVASADO	MEZCLADORA	HORNO LTCC
		9	10										
1	4	9	10	X									X
2	5	11			X							X	
3	6	12				X					X		
4	8	13	14				X			X			
5	4	15	16					X	X				
6	5	9	10	X					X				
7	6	11			X					X			
8	8	12				X					X		
9	4	13	14				X					X	
10	5	15	16					X					X
11	6	9	10	X						X			
12	8	11			X						X		
13	4	12				X						X	
14	5	13	14				X						X
15	6	15	16					X	X				
16	8	9	10	X							X		
17	4	11			X							X	
18	5	12				X							X
19	6	13	14				X		X				
20	8	15	16					X		X			