

Ingeniería Técnica de Sistemas Electrónicos.
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial y de Telecomunicación.
Laboratorio de Electrónica Digital.

Práctica nº 3. Analizador Lógico.

El objetivo de esta práctica consiste en aprender el manejo de un sistema de análisis lógico para medida y verificación de circuitos digitales. Un circuito digital tiene, por lo general, muchas señales de entrada y de salida, cuyos valores de tensión pueden abstraerse a los valores lógicos 0 y 1. Para medir estos circuitos no se requieren sistemas que midan con precisión señales analógicas, sino sistemas que sean capaces de medir y almacenar valores binarios en muchas señales y en unos momentos especificados. Tampoco se requiere medir las señales continuamente en el tiempo sino en momentos muy concretos, en especial en circuitos digitales síncronos. Un analizador lógico es un sistema que permite muestrear un número alto de señales de voltaje en unos instantes predeterminados, y convertir y almacenar los valores de tensión medidos en valores lógicos. Un generador de patrones es un sistema que almacena una secuencia de datos lógicos en un número alto de canales, y convierte esa información a niveles de tensión (TTL, ECL, etc) que envía a sus salidas en unos instantes determinados por su programación.

La caracterización de las señales analógicas como señales digitales puede hacerse en base a unos pocos parámetros básicos. La tensión umbral (ó tensión de *threshold*) es el valor de tensión que distingue el 0 lógico del 1 lógico; se supondrá 1 lógico a toda tensión por encima de la tensión umbral, y 0 lógico a toda tensión por debajo. El periodo de muestreo indica el tiempo real transcurrido entre dos medidas.

Los sistemas de medida poseen diversos métodos de muestreo, lo que es conveniente según el tipo del circuito y el tipo de seguimiento que debe hacerse. Así, para hacer medidas temporales, por ejemplo, para medir los tiempos de propagación del circuito, estudiar la existencia de peligros, etc, se utiliza un reloj interno de los aparatos de medida correctamente calibrado con un periodo de muestreo menor que los tiempos que nos interesan medir. Si sólo interesar seguir la secuencia de valores lógicos del circuito, como por ejemplo en un circuito contador, entonces es conveniente realizar medidas en función del propio reloj del circuito digital, lo que fuerza al sistema de medida a utilizar un reloj externo como referencia de muestreo. Si el circuito es muy complejo y realiza multitud de operaciones, de las que se quiere observar la operación de una secuencia determinada, en el sistema de medida se debe tener la capacidad de programar que tipo de información se debe almacenar de entre todas las medidas realizadas y donde localizarla dentro de las medidas tomadas (sistema de disparo o *trigger*).

En el laboratorio de Electrónica Digital cada puesto dispone de un sistema de análisis lógico (caja gris conectada al ordenador) de la serie LA4000/5000 (preferentemente 5240, aunque en el guión se denominará mediante el nombre LA4240). El LA4240 es un sistema de análisis

lógico que contiene analizador lógico y/o generador de patrones. Este sistema no es autónomo sino que requiere un ordenador, al que se conecta mediante un puerto USB, con sistema operativo Windows. El equipo no dispone de interruptor de encendido/apagado por lo que se apaga y se enciende conectando la alimentación del circuito, que se encuentra en la parte posterior del aparato. En el ordenador está cargado un programa que permite realizar en tiempo real la programación del LA4240, la activación de la captura de medidas y la lectura de resultados. El programa no es demasiado amigable ni manejable, ni los gráficos son especialmente atractivos, ni dispone de un buen sistema de ayuda (existen manuales de operación en el laboratorio), por lo que algunas de las características avanzadas del equipo quedan pendientes de experimentación. Aunque tiene una programación básica por defecto se ha preparado unos ficheros de características básicas (*settings*) que se pueden cargar para desarrollar las prácticas.

El equipo LA4240 dispone de una sola tarjeta (*Board 1*, existen sistemas que pueden manejar hasta cuatro tarjetas) de 40 canales en 5 grupos de 8 canales llamados *pods*. En la parte frontal del equipo están los 5 grupos de conectores para *pods* de 8 canales. Los conectores están definidos de izquierda a derecha como 1A (canales del 0-7), 2A (canales 8-15), 3A (canales 16-23), 4A (canales 24-31), 5A EXT. CLOCK (canales 32-39). Los *pods* son cajas de conexión con un cable para adaptarse al conector del equipo LA4240 y con *pin*s de salida para conectarse al circuito. Cada *pod* dispone de 8 *pin*s de datos y de tres conexiones de tierra (GND) que son equivalentes. Para realizar correctamente las medidas siempre que se use un *pod* debe conectarse una de las tres conexiones de tierra a la tierra del circuito. Los índices de los canales en los *pods* son indicativos, ya que los realmente importantes son los índices de los conectores, teniendo en cuenta que el índice más bajo del canal en el *pod*, corresponde al índice más bajo de canal en el conector. Se dispone de tres tipos de *pods*:

- LOGIC POD. Se utilizan para tomar medidas de las señales digitales del circuito. Pueden conectarse en los conectores de 1A a 5A del LA4240 (1A a 4A si se usan relojes externos).
- LOGIC POD (EXT CLOCK). Se utiliza para capturar señales de reloj para el modo externo, sólo se puede conectar en el conector 5A del LA4240.
- PATTERN GENERATOR. Se utiliza para aplicar señales digitales desde el aparato de análisis lógico a las entradas del circuito. Pueden conectarse en los conectores de 1A a 5A del LA4240 (1A a 4A si se usan relojes externos). Las señales generadas son de tipo TTL entre 0 y 4V, aproximadamente.

Por defecto, durante las prácticas se conectarán *LOGIC PODS* en los conectores 1A y 2A (canales del 0 al 15), y *PATTERN GENERATOR PODS* en los conectores 3A y 4A (canales del 16 al 31), y *LOGIC POD (EXT CLOCK)* en el conector 5A (canales del 32 al 39). La programación por defecto preparada para las prácticas tiene en cuenta esta disposición de los *pods*.

Para conectar los *pin*s de los *pods* a los circuitos se dispone de unos cables de distintos colores acabados en unos conectores de tipo pinza. Los colores se utilizan como ayuda para

diferenciar los canales. Para conectar un canal al circuito se debe introducir un extremo del cable en el *pin* correspondiente del *pod*, e introducir el otro extremo en uno de los dos conectores que se encuentran en los laterales de la base de la pinza. La pinza se abre apretando su extremo sobre su base, y se cierra soltándola, con lo que puede atrapar los cables del circuito, realizando así la conexión. Cada pinza tiene dos conectores, lo que permite conectar un cable del circuito a dos canales del LA4240, por ejemplo un canal del generador de patrones y otro canal del analizador lógico. Hay que tener cuidado al introducir y al sacar los cables en los conectores de los *pods* y de las pinzas, ya que pueden romperse.

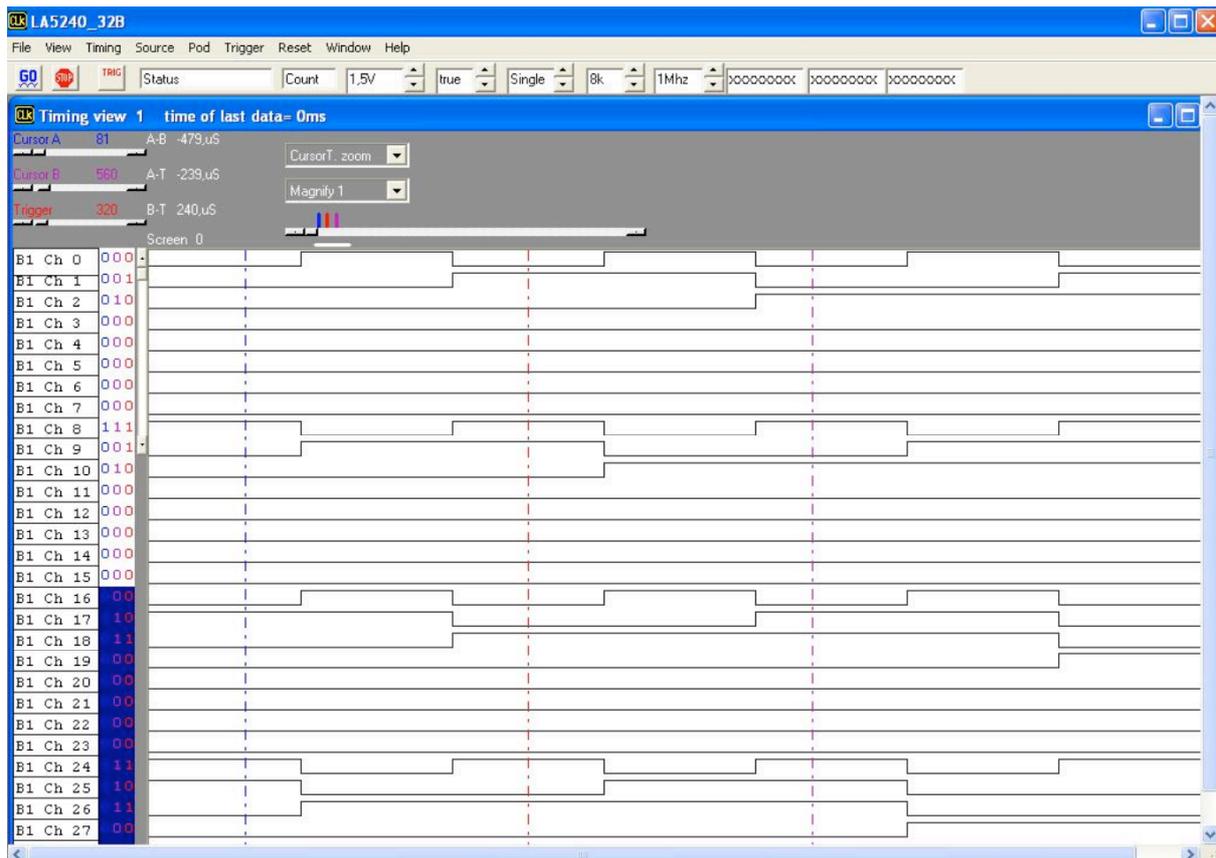
Como una introducción a otras características del programa de control del LA4240, que se irán desarrollando a través de los ejercicios de las prácticas, se puede reseñar que:

- La captura de datos puede hacerse a periodos fijos y programables en frecuencias desde 1Hz (1 seg.) hasta 100Mhz (10ns) para todos los canales, ó 200Mhz (5ns) si se usan menos canales (0-15 y 32-39), o mediante el control de señales externas que se leen por el *LOGIC POD (EXT CLOCK)*.
- Se puede programar la tensión umbral de los canales entre -6.35V y +6.35V. La programación se hace en tres grupos: canales 0-15, canales 16-31, canales 32-39.
- Los datos almacenados en los canales pueden verse en dos formatos: forma de ondas o lista de estados. Se dispone de dos ventanas de medidas independientes (*Timing View 1* y *Timing View 2*), que se pueden utilizar para visualizar las mismas medidas de forma distinta o para almacenar distintas medidas.

Existe la posibilidad de agrupar canales bajo etiquetas y ver el valor de los grupos en distintos formatos, hexadecimal, octal, decimal, binario, etc. Los datos de los canales también pueden editarse desde el programa, lo cuál es útil para programar el generador de patrones.

- Existen tres marcas A, B y T (Trigger) que se pueden mover dentro de la ventana de formas de onda y que permiten hacer medidas temporales entre las señales.
- Se puede programar una secuencia de disparo (*trigger*), que puede llegar a ser compleja, que garantice que la toma de medidas que se representa en pantalla corresponde a la zona de ejecución del circuito que se quiere medir.

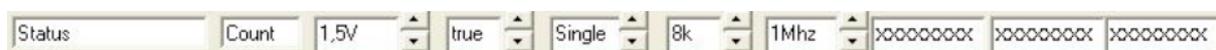
El fichero de características (*settings*) preparado para las prácticas de la asignatura (Edigital.ini) configura la presentación de la pantalla y algunas de las características básicas del programa. Fija los canales 0-15 y 32-39 como analizador lógico, y los canales 16-31 como generador de patrones. Sitúa el modo de captura a reloj interno de 1Mhz, las tensiones umbrales a 1.5 voltios, no establece ninguna condición de disparo, y configura las ventanas *Timing View 1* y *Timing View 2* con la idea de que la primera se utilice en formato de formas de ondas sobre los 40 canales del analizador, mientras que la segunda se utilice en formato de lista de estados. También puede cargarse un fichero de datos (Edigital.dso) que permite poner a 0 el contenido de los 40 canales. Estos ficheros se encuentran en el directorio Edigital en cada puesto en el laboratorio.



La pantalla de programación del LA4240 se muestra en la figura anterior (en el laboratorio las formas de onda aparecerán al revés: blanco sobre negro). En la parte superior de la pantalla aparece un menú en línea con diferentes submenús y comandos:

- El menú File contiene comandos que permiten grabar configuraciones y datos (en varios formatos), así como cargar configuraciones anteriormente guardadas.
- El menú View tiene comandos de configuración de las pantallas y de la forma de representar los datos.
- El menú Timing permite activar las dos ventanas de salida de datos disponibles.
- El menú Source elige el tipo de reloj para captura de datos.
- El comando Pod configura los pods como PATTERN GENERATOR ó LOGIC POD, y permite editar el contenido de los canales cargando valores 0 ó 1.
- El comando Reset reinicia la herramienta.

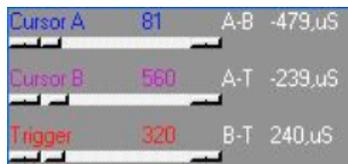
A continuación se muestra una barra de herramientas en la que se encuentran los iconos que activan  y detienen  la captura de datos al pulsar con el ratón sobre ellos, así como una serie de campos que permiten programar alguna característica básica de la captura:



Por ejemplo, *Status* indicará cuando se haga una captura el estado en el que se encuentra la misma (*Completed*, *Waiting for Trigger*, *Filling Buffer*). *Count* indica el número de capturas

hechas después del último *Go*; *1.5V* es la tensión umbral de los dos primeros *pods*, *true* (o *false*) es una variable del método de disparo, *Single* es la forma de adquirir datos (o *Auto*, o *Normal*), *8k* (ó *32k*) indica el número de muestras (8160) tomadas por canal al hacer la medida, *1Mhz* indica la frecuencia actual del reloj interno de captura y los campos *XXXXX...* la palabra de disparo por defecto en los canales del 23 (izquierda) al 0 (derecha), que indica disparo bajo cualquier valor leído. Algunos de estos campos pueden modificarse pulsando con el ratón sobre .

En la parte superior de la ventana de formas de onda aparecen los controles de las marcas de medidas temporales: A, B y T (Trigger). Para cada marca existe un control que permite moverla en la ventana de formas de onda. El número en cada cursor indica la muestra sobre la que se encuentra la marca. También aparece la información correspondiente a la distancia entre marcas (A-B, A-T, B-T), que puede darse en tiempo o en muestras.



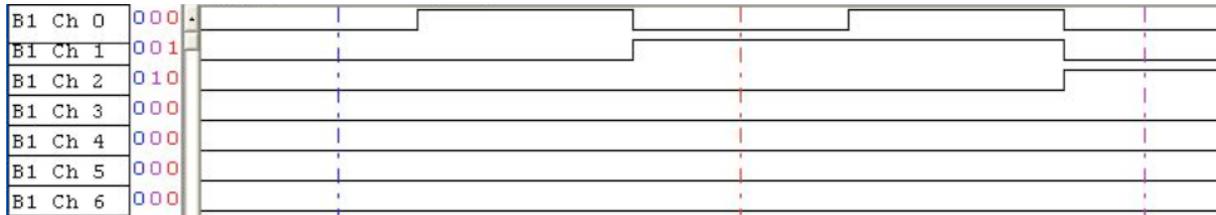
La zona de pantalla visible y las marcas pueden modificarse también en la siguiente zona de pantalla. El cursor representa todo el rango de medidas y la marca blanca (*Screen*) debajo del cursor la zona de medidas en pantalla, modificando el cursor se modifica el *Screen*. Las marcas sobre el cursor indican la posición de las marcas A, B y T. Tanto las marcas como el *Screen*, pueden modificarse pulsando con el ratón, sin soltar, sobre las marcas y desplazando el ratón en el rango de medidas, soltando donde se quiera dejar la marca.



Los campos *CursorT.zoom* y *Magnify 1* sirven para hacer Zoom de la pantalla visible. El primer campo permite seleccionar la zona de pantalla visible en los alrededores de las marcas A (*CursorA.zoom*), B (*CursorB.zoom*) y T (*CursorT.zoom*) o sobre la pantalla actual (*Screen zoom*). El campo *Magnify 1* con valores entre *Magnify 1/200* (resolución más baja) y *Magnify 50* (resolución más alta) permite hacer un Zoom de la pantalla sobre una marca o sobre la pantalla, según el valor del campo anterior.

En la parte inferior de la pantalla aparece la ventana con los contenidos de las formas de onda. Las marcas A, B y T también pueden moverse directamente en la ventana de formas de onda desplazándolas con el ratón. En cada fila aparece el nombre asignado a la fila (se puede cambiar desde el teclado, pero el nombre por defecto indica al canal del equipo al que

corresponde) y los valores lógicos medidos en las muestras donde se encuentran las marcas A, B y T, seguido de la forma de ondas medida.



Es posible programar algunas características de esta ventana (comando *Channel/State/Timng Edit* del menú View), como el número de filas (*Timing Track*) de forma de onda que aparecen (máximo de 48 filas), y el canal o grupo de canales asignado a cada fila; así como el número de columnas de lista de estados (*State*) que pueden aparecer (ente el 0 y 16) y el grupo de canales asociado a cada estado. Los grupos son conjuntos de varios canales agrupados bajo un nombre, se pueden programar hasta 30 grupos distintos y asignarlos a un *Timing Track* o a un *State* con el comando *Group Edit* del menú View.

Position	Group 0	Group 1	Group 2	Group 3
89	00	00	00	00
90	00	00	00	00
91	00	00	00	00
92	00	00	00	00
93	00	00	00	00
94	00	00	00	00
95	00	00	00	00
96	00	00	00	00
97	00	00	00	00
98	00	00	00	00
99	00	00	00	00
100	00	00	00	00
101	00	00	00	00
102	00	00	00	00
103	00	00	00	00
104	00	00	00	00
105	00	00	00	00
106	00	00	00	00
107	00	00	00	00
108	00	00	00	00

La programación por defecto del equipo preparada para las prácticas utiliza dos ventanas de formas de onda. Por defecto se arranca con la ventana *Timing view 1*, programada de forma que sólo se visualicen en ella de arriba hacia abajo los canales individuales del 0 al 39 del LA4240 como formas de onda, tiene 40 *Timing Track* activos asignados ordenadamente a los canales del equipo y ningún *State* activo. La ventana *Timing view 2* está desactivada por defecto y está programada para utilizarla en formato de lista de estados, no tiene activo ningún *Timing Track*, y tiene cuatro *States* activos asignados a grupos no programados.

A lo largo de esta práctica se realizarán distintos ejercicios guiados de manejo de estos aparatos para la verificación de circuitos digitales. Los ejercicios a realizar son los siguientes:

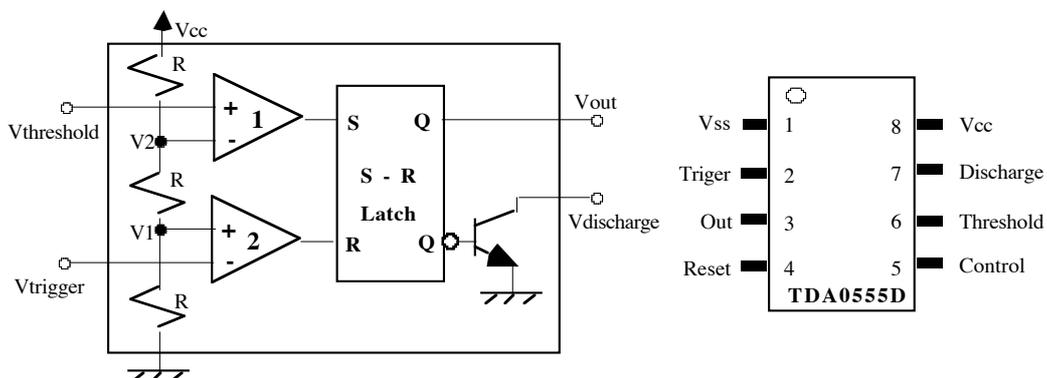
- 1.- Diseño de una señal de reloj con un circuito temporizador. Medida de valores temporales en circuitos digitales con un analizador lógico.
- 2.- Análisis de un circuito secuencial (contador de 4 bits 4029). Análisis de los distintos métodos de capturar señales (con reloj interno y con reloj externo).
- 3.- Verificación de un circuito combinacional (sumador de 4 bits 4008). Programación de la secuencia de valores a aplicar en un generador de patrones y captura de respuestas en un analizador lógico.

El montaje de estos circuitos se realizará en el laboratorio sobre regletas de tipo “ladrillo”. Los circuitos deben ser alimentados a +5 V obtenidos a partir de la fuente del laboratorio. En cada puesto hay una caja con conectores de tipo banana que actúa como fuente de alimentación (rojo +5, negro tierra). Aunque todos los puestos tienen su propia caja, todos están realmente conectados a la misma fuente de alimentación, por lo que un cortocircuito en un puesto puede dejar sin alimentación a todos los puestos del laboratorio. Por tanto, cuando hay problemas de funcionamiento en una práctica se recomienda comprobar que la fuente de alimentación esté operativa. Se recomienda llevar tijeras al laboratorio para cortar y pelar los cables para conectar los circuitos.

Todo el trabajo de la práctica debe realizarse en el directorio (o carpeta) Pr3, que debe crearse en el directorio de trabajo de cada grupo en la práctica.

3.1. Diseño, montaje y medición de una señal periódica de tipo pulso con un temporizador 555.

El circuito integrado 555 es un temporizador integrado cuyo esquema interno básico, y su esquema de conexiones se muestran en la figura siguiente. No es el objetivo de esta práctica conocer su funcionamiento interno, ni cómo y por qué se genera la señal de pulso, sino realizar la medida de la señal generada.

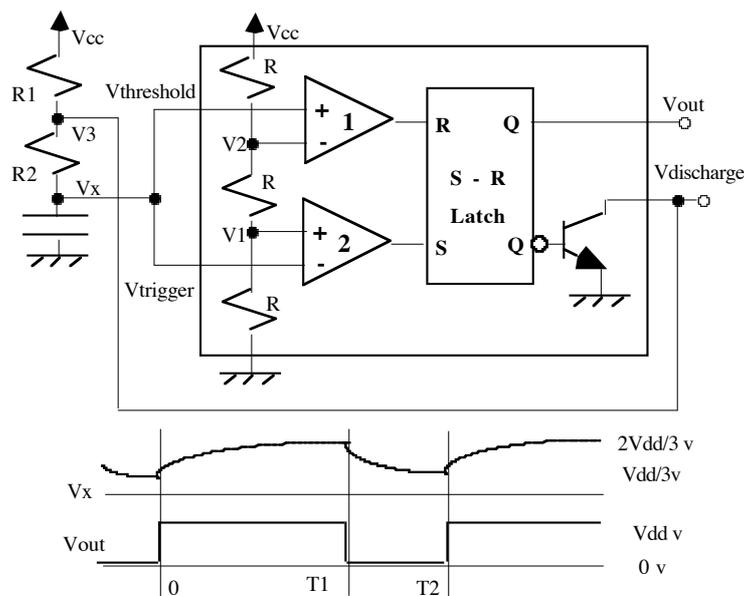


Para ello, basta saber que con unas conexiones como las que se muestran a continuación se genera la temporización de señales de la figura, y que evaluando el funcionamiento del circuito puede calcularse el tiempo que permanece la señal a valor alto (T_1) y el tiempo que permanece la señal a valor bajo ($T_2 - T_1$) como:

- $T1 \approx 0.69 Cx (R1 + R2)$
- $T2 - T1 \approx 0.69 Cx R2$.

Con estos datos se deben calcular los valores de R1 y R2 para generar una señal de tipo pulso con un periodo de aproximadamente $37.5\mu s$ de periodo, con $PW1=25\mu s$ (tiempo de tensión a valor alto) y $PW2=12.5\mu s$ (tiempo de tensión a valor bajo), alimentando con Vcc a +5V, utilizando una condensador de 10nF.

La siguiente tarea es montar el circuito en la regleta, en la parte izquierda de la misma, dejando espacio para montar más circuitos (un contador 4029 en el segundo apartado de la práctica). El temporizador 555 se fija en la canal horizontal central de la regleta, de forma que las patillas de los lados inferior y superior no queden conectados entre ellos. Todo el canal superior de la regleta se conecta a alimentación con un cable, y de igual manera el canal inferior se conecta a tierra. Se conecta la línea Vcc del 555 a la tensión de alimentación y la línea Vss a tierra. El resto de las conexiones se realiza según el esquema siguiente.

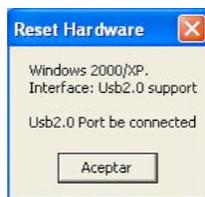


Ahora se conecta el circuito al analizador lógico, y se comprueba su funcionamiento. Sólo se usará un canal, para medir Vout:

- Conectar, si no lo estuviese, el *pod* marcado como *LOGIC POD (1)* al conector 1A del LA4240 (el conector más a la izquierda).
- Conectar un cable al canal 0 del *LOGIC POD (1)*. Fijar una pinza en su otro extremo y conectarla a un cable que salga del *pin Out* del 555. Conectar un cable a uno de los canales marcados como GND en el *pod*. Fijar una pinza en su otro extremo y conectarla a GND del circuito.

Para programar y tomar las medidas con el LA4240 hay que realizar los siguientes pasos, de los cuales los primeros son comunes a cualquier ejercicio que se haga con el LA4240.

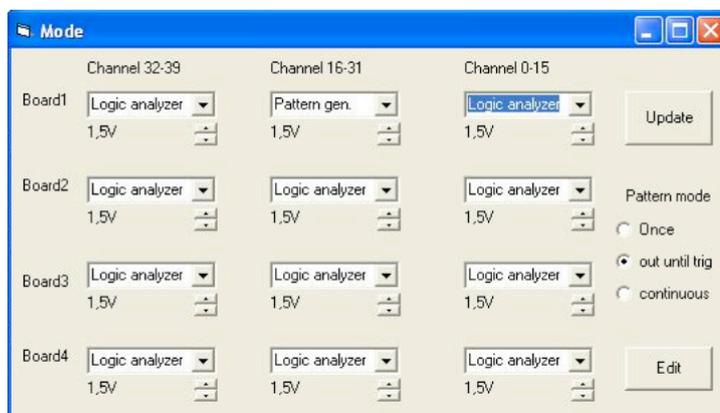
- Encender el equipo LA4240 conectando su toma de alimentación.
- Ejecutar el programa de control del LA4240 haciendo doble-click sobre el icono de acceso directo LA4240  del escritorio del ordenador. Pulsar en *Aceptar* y en *OK* en las dos ventanas que aparecen.



- Cargar el fichero de características por defecto de programación *Edigital.ini* que se encuentra en el directorio Edigital mediante el comando *Load Setting* del menú File. Al igual que se puede cargar esta configuración se puede salvar otras programaciones a fichero mediante la orden *Save Setting As...* del menú File y recuperarlas mediante el comando *Load Setting*.
- Poner todos los canales a cero mediante la carga del fichero de datos *Edigital.Dso* usando el comando *Load Data* del menú File. Se pueden salvar otros datos a fichero mediante la orden *Save Data->Save Data As...* del menú File y recuperarlas otra vez mediante el comando *Load Data*.

- Fijar los parámetros con los que se va a hacer la medida. En este apartado basta con:

- Comprobar que el *pod 1* que se va a utilizar en este ejercicio está definido como *Logic Pod*. Se puede hacer desde el comando *Pod* del menú en línea, que abre la ventana Mode.



Sólo está disponible en el equipo la tarjeta *Board1*, por lo que la programación del resto de tarjetas es indiferente. En *Board1* la programación por defecto fija los dos primeros *pod*s y el *pod 5* (canales 0-15 y canales 32-39) como analizador lógico (*Logic analyzer*), y los *pod*s 3 y 4 como generador de patrones (*Pattern gen.*). Se puede cambiar el valor desde cada uno de los campos con el ratón, lo que supone también tener que cambiar el tipo de *pod* conectado al equipo. Para hacer los cambios en la programación hay que pulsar con el ratón sobre el botón *Update*. Para cerrar la ventana pulsar con el ratón en .

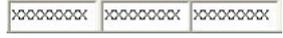
Desde esta ventana también se pueden realizar tareas de programación de valores en los canales para el generador de patrones, pero eso se comentará en el tercer ejercicio de la práctica.

- Fijar la tensión umbral del *pod 1* a 2V aproximadamente. Se puede hacer desde la barra de herramientas en el campo , pulsando con el ratón sobre los botones arriba (sube la tensión umbral) o abajo (baja la tensión umbral), lo que sólo cambia la tensión umbral de los canales del 0 al 15 (*pod 1* y *pod 2*). También se puede hacer desde la ventana Mode, ya que cada campo dispone de botones para modificar la tensión umbral de los canales 0-15, 16-31 ó 32-39 pulsando sobre los botones  (no olvidarse de pulsar en *Update*).



- Fijar el método de captura a reloj interno a una frecuencia de 1 Mhz (periodo de $1\mu s$), que en realidad es el valor por defecto. Pulsar sobre el comando *Source* del menú en línea y comprobar que está activo el valor *Internal*. La frecuencia del reloj interno puede variarse desde la barra de herramientas en el campo , pulsando con el ratón sobre los botones arriba (sube la frecuencia) o abajo (baja la frecuencia). Los otros modos de captura *External rising*, *External falling* y *User Define* se comentan en la descripción de la ventana de parámetros.

- Asegurarse que el modo de captura al modo *Single* (valor por defecto), lo que se aprecia en el campo  de la barra de herramientas. Este modo indica que se realiza una única captura de datos, almacenándose las medidas según la condición de disparo programada. Los otros tipo de captura *Normal* y *Auto* se comentan en la descripción de la ventana de parámetros.

- Asegurarse de que no hay establecida ninguna condición de disparo. De momento basta con comprobar que están establecidos los valores por defecto en la barra de herramientas: campos  y . La programación de una condición de disparo se comenta en la descripción de la ventana de parámetros.

Además de utilizar la barra de herramientas se pueden programar todas las características de la toma de medidas sobre la ventana de parámetros (y sobre algún otro comando del menú en línea). Para ver en pantalla la ventana de parámetros hay que activar la orden *Parameters Window* del menú View. En esta ventana se puede programar:

Además se pueden añadir condiciones sobre el cumplimiento de un evento, como que ocurra varias veces (activar *Match Occurrences*), que se mantenga como máximo un número de medidas (activar *Duration less or equal*) o un mínimo de medidas (activar *Duration greater or equal*), donde el número se selecciona en el campo que aparece a valor 1 en la figura (con valores entre 1 y 255).

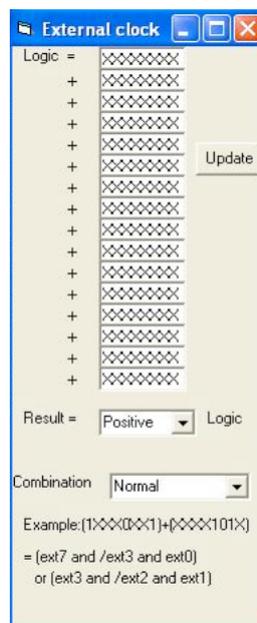
También se puede indicar que el cumplimiento del disparo se produzca cuando en la medida se cumpla la condición (activar *Trigger false to true*) o en el momento en que deje de cumplirse (activar *Trigger true to false*); la primera condición corresponde al valor de la barra de herramientas, que puede cambiarse a *false* (segunda condición). Esta variable también puede programarse en el campo *Logic* de la ventana de parámetros.

Para que los cambios sean válidos hay que pulsar con el ratón en el botón *Update*.

- Source. Corresponde al comando *Source* del menú en línea, en este campo se programa el método de capturar medidas. No está claro que el valor final que toma este campo cuando se cambian simultáneamente los valores en el menú en línea y en la ventana de parámetros, por lo que se recomienda usar sólo uno de los dos. Parece que se toma el valor del último cambio efectuado en cualquiera de los puntos programables, aunque no se refleje el cambio en el otro punto.

El valor por defecto es *Internal*, que corresponde a la captura de muestras a un periodo fijo marcado por el reloj interno del equipo, a una frecuencia programada en el campo *Rate* de la ventana de parámetros, o en el campo de la barra de herramientas. La frecuencia puede estar entre 1Hz (1 muestra por segundo, 1 periodo de 1 segundo) hasta 100Mhz (100 millones de muestras por segundo, 10ns de periodo) para los 40 canales o 200Mhz (200 millones de muestras por segundo, 5ns de periodo) para 24 canales (*Pods* 1, 2 y 5).

Este campo también puede tomar el valor *External rising* o *External falling*, que indica la captura se realizará cuando se lea un flanco de subida o de bajada, respectivamente, en el canal 0 del *pod* 5 (canal 32), con lo cual la captura depende de una señal externa, por ejemplo el reloj del propio circuito.



El último valor *User define*, indica un método complejo de adquirir medidas a partir de los 8 canales del *pod 5* (Ext. Clock, canales 32-39). Al fijar este valor se abre la ventana de programación de este modo de captura. Para actualizar los valores una vez hechos los cambios hay que pulsar con el ratón en el botón *Update*.

En el campo *Logic* de la ventana aparecen 16 palabras de 8 bits (o canales) a valor X (“don’t care”) por defecto, que se utilizan para definir el reloj externo. Cada canal de izquierda a derecha corresponde a los canales del 39 al 32 del LA4240 (*pod 5*). Cada una de estas palabras indica una condición que debe cumplirse en los canales para generar un reloj externo, lo que implica tomar una muestra. Basta con que se cumpla una de las condiciones impuestas para que se realice la operación, por lo que las palabras aparecen ligadas por la operación lógica OR (símbolo + en pantalla). Cumplir una condición significa que todos los valores indicados en los bits de la palabra se den en los canales correspondientes del *pod 5*.

Se puede utilizar esta pantalla para definir un único reloj externo a partir de por varias señales de reloj. En ese caso, en cada palabra debe existir sólo un bit puesto a 1 (flanco positivo) o puesto a 0 (flanco negativo), manteniéndose el resto de los bits a valor X. Por ejemplo, programar dos palabras: (XXXXXX0X) + (XXXXXX1), indica que se toma una muestra cuando aparezca un flanco negativo en el reloj 1 (canal 1 del *pod 5*, canal 33) o un flanco positivo en el reloj 0 (canal 0 del *pod 5*, canal 32): el reloj externo se genera en cualquiera de estos dos casos.

También pueden fijarse valores en varios bits de cada palabra, indicando que deben cumplirse varias condiciones. Si, por ejemplo, se utilizan dos palabras con más de 1 bit definido por palabra: (1XXX0XX1) + (XXXX101X) se indica que se toma una muestra cuando por un cambio o flanco en las señales el canal 39 esté a 1, el canal 35 esté a 0 y el canal 32 esté a 1, o cuando los canales 35 y 33 estén a 1 y el canal 34 esté a 0.

En esta pantalla existen otras opciones que se pueden programar. El campo *Result* tiene dos opciones *Positive* (se realiza la captura cuando el resultado lógico del conjunto de condiciones pasa de falso a verdadero) o *Negative* (se realiza la operación cuando el conjunto de condiciones pasa de tomar el valor verdadero a tomar el valor falso.)

El campo *Combination* permite modos especiales de activación del LA4240. Las opciones de este campo son: *Normal* (por defecto, captura según lo comentado hasta ahora), *Latched 100Mhz* (limpia el reloj externo de ruido o transiciones indeseadas de frecuencias mayores de 100 Mhz), *Rising* y *Falling* (actúa como si estuvieran activadas a la vez las opciones *Positive* y *Negative* del campo *Result*).

- Voltaje. Programa la tensión umbral de los canales de la *Board1*. Existen tres campos programables  cuyos valores se cambian usando en los botones  con el ratón. De izquierda a derecha corresponden al *pod 5* (canales 32-39), a los *Pods 3* y *4* (canales 16-31) y a los *Pods 1* y *2* (canales 0-15). Estos grupos de canales también se pueden programar con el comando *Pod* del menú en línea y los canales 0-15 en el campo  de la barra de herramientas.

- Logic. Este campo ya ha sido comentado con el campo *Trig Word*.

- Mode. Tipo de captura de datos. Hay tres posibilidades: *Single* (realiza una única captura, y almacena y muestra las medidas en pantalla según la condición de disparo programada y detiene automáticamente el proceso de captura), *Auto* (realiza capturas sucesivas y las almacena según la condición de disparo programada, mientras que no se pare con el icono ) y *Normal* (realiza múltiples capturas y las almacena y muestra en pantalla sin atender a la condición de disparo hasta que no se detenga la captura con el icono ). Este campo también se puede programar en el campo  de la barra de herramientas.

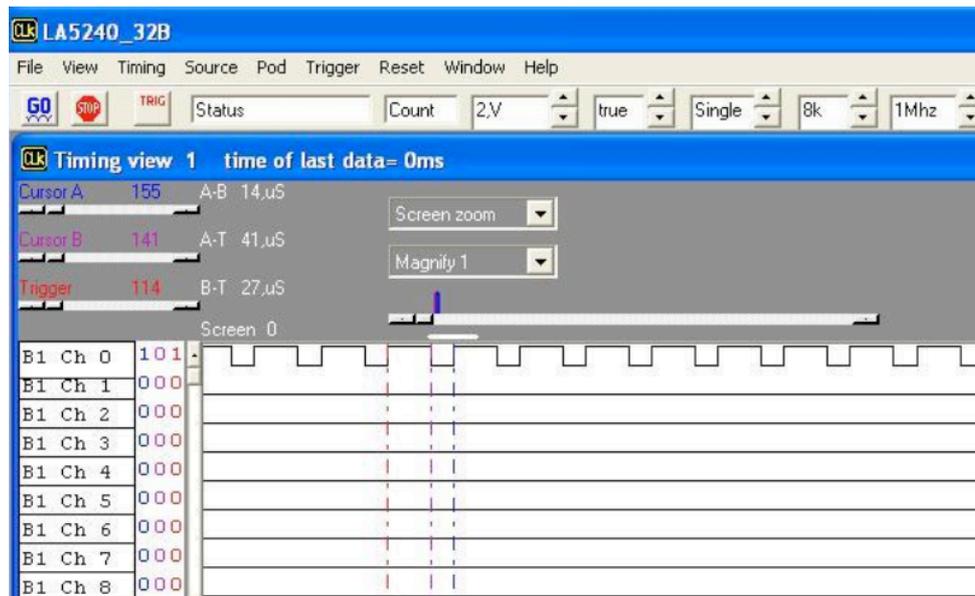
- Memory. Número de muestras almacenadas por captura y por canal. Puede tener dos valores: *8k* (8160 muestras por canal) y *32k* (32736 muestras por canal). Se corresponde con el campo  de la barra de herramientas.

- Rate. Frecuencia del reloj interno, ya comentado en el campo *Source*). Se corresponde con el campo  de la barra de herramientas

- Una vez hecha y comprobada la programación pulsar con el ratón sobre el icono . La captura debe acabar automáticamente, indicando la palabra *Completed* en el campo Status. El resultado de la captura debe mostrarse en pantalla en el canal superior (B1 Ch 0), y tiene que ser una señal de tipo pulso. Si al realizar las medidas se observase que el pulso no es perfecto y existen en los flancos de la señal, sucesivas subidas y bajadas de la señal debidas a fenómenos de “ruido”, estas pueden eliminarse situando un condensador de 0.1uF entre la tensión de alimentación y masa del 555. Mantener este condensador al realizar el apartado 2 de la práctica.
- Medir los parámetros temporales del pulso. Mover la pantalla visible (*Screen*) al valor más bajo (mover la marca horizontal debajo del cursor a la zona más de la izquierda arrastrando con el ratón). Mover las marcas A, B y T (pulsar con el ratón sobre la marca vertical correspondiente y arrastrar) de forma que aparezcan en la zona de *Screen*.



Elegir dos flancos de subida consecutivos en la señal de medida en la pantalla de formas de onda. Situar arrastrando con el ratón la marca A sobre el segundo flanco de subida, la marca T sobre el primer flanco de subida y la marca B en el flanco de bajada entre A y T. Se pueden medir los parámetros temporales del pulso con las marcas A-T (periodo del pulso), A-B (anchura del pulso a bajo) y B-T (anchura del pulso a alto). Las medidas se dan en tiempo, pero se pueden obtener también en muestras o en frecuencia (inversa del tiempo) con el comando *Samples or time* del menú View.

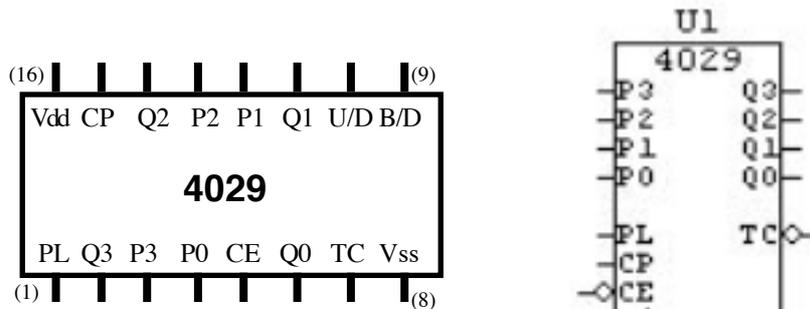


- Guardar la programación efectuada para este apartado en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Setting As...* del menú File, e indicar el nombre Uno.ini.
- Guardar las medidas efectuadas para este apartado en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Data As...* del submenú *Save Data* del menú File, e indicar el nombre Uno.Dso.
- Mejorar la precisión de la medida. En el paso anterior se puede considerar que el error de medida es $\pm 1\mu s$ por medida (luego $\pm 2\mu s$ en A-T, A-B y B-T). Para mejorar la medida situar la variable el periodo del reloj interno al valor 100Mhz (error de $\pm 0.02\mu s$ en total en las medidas), aumentar el rango de memoria a 32K en la barra de herramientas (o en la pantalla de parámetros) y realizar una captura pulsando con el ratón en .
- Ahora no aparece todo el pulso en pantalla ya que es demasiado grande. Para que aparezca seleccionar en el campo de Zoom el valor a *Screen zoom* y situar la resolución a valor *Magnify 1/10*. Repetir el proceso anterior de medida moviendo las marcas A, B y T, sobre los flancos correspondientes como en la medida anterior. Volver la resolución al valor *Magnify 1*. Puede que las marcas no estén exactamente fijadas sobre los flancos por efectos de la resolución: sucesivamente situar el campo de Zoom a los valores *CursorA. zoom*, *CursorB. zoom* y *CursorT. zoom* y ajustar cada marca al flanco. Medir ahora los parámetros temporales del pulso como en las medidas anteriores.
- Salvar los programación actual en el fichero Unobis.ini con la orden *Save Setting As...* del menú File y los datos medidos en el fichero Unobis.Dso con la orden *Save Data As...* del submenú *Save Data* del menú File.
- Abandonar el programa con el comando *Exit* del menú File.
- Soltar la alimentación y desconectar las conexiones del LA4240 con el circuito con cuidado para no romper los cables, pero no se debe desmontar el circuito ya que se utiliza como generador de reloj en el siguiente apartado.

3.2. Verificar el funcionamiento del circuito contador 4029B.

El segundo ejercicio consiste en el estudio de un circuito secuencial, en este caso un contador síncrono CMOS 4029 de cuatro bits. La descripción del circuito así como su diagrama de conexiones se dio en la práctica 2. Este circuito es secuencial síncrono, evolucionando en este caso cuando existe un flanco positivo (cambio de 0 a 1) en la señal de reloj (CLK, CP) del contador. Este circuito se puede analizar como una máquina de estados, en la que el factor temporal no es excesivamente importante, en este caso se estudia la evolución del circuito frente a su reloj, por lo que las capturas se deben hacer tomando el reloj del circuito como una señal de activación externa para la captura de datos del analizador lógico.

El contador 4029 cuyo diagrama lógico se muestra a continuación debe fijarse en el medio de la regleta. La tensión de alimentación (+5V) se conecta en Vdd (*pin* 16), y GND en Vss (*pin* 8).



Ahora se indica como deben conectarse en la práctica las entradas y salidas:

- Entrada Preset Enable (PL, *pin* 1) y entradas P (P3-P0 *pin*s 3, 13, 12, 4, respectivamente). Cuando está activa carga el valor de P3-P0 en las salidas Q3-Q0. Conectar las cinco líneas a GND.
- Entrada Clock (CP, *pin* 15). Señal de reloj, dispara al circuito por flanco positivo en esta señal. Se debe conectar a la salida del circuito temporizador del apartado 1.
- Entrada CE (*pin* 5). Cuando está activa suspende la cuenta. Conectar a GND.
- Entrada U/D (*pin* 10). Fijada a 1 (H) la cuenta es hacia arriba, y fijada a 0 (L) la cuenta es hacia abajo. Conectar inicialmente a alimentación con un cable lo suficientemente largo como para poder conectarlo posteriormente a GND.
- Entrada B/D (*pin* 9). Fijada a 1 (H) la cuenta en binario natural (de 0 a 15), y fijada a 0 cuenta en NBCD (de 0 a 9). Conectar inicialmente a alimentación con un cable lo suficientemente largo como para poder conectarlo posteriormente a GND.
- Salidas Q3-Q0 (*pin*s 2, 14, 11 y 6, respectivamente). Salidas de la cuenta. Fijar un cable en cada conector para poder medir su valor.
- Salida TC (*pin* 7). Se activa cuando se llega al final de cuenta. Fijar un cable en el conector para poder medir su valor.

Ahora se conecta el circuito al analizador lógico, y se comprueba su funcionamiento:

- Conectar, si no lo estuviese, el *pod* marcado como *LOGIC POD (1)* al conector 1A del LA4240 (el conector más a la izquierda).
- Conectar cables a los canales 0-5 del *LOGIC POD (1)* y a uno de los canales del *pod* marcados como GND. Fijar una pinza en sus otros extremos y conectar de la siguiente manera: canal 0 a Q0, canal 1 a Q1, canal 2 a Q2, canal 3 a Q3, canal 4 a TC, canal 5 a CP, canal GND a tierra del circuito.
- Conectar, si no lo estuviese, un *pod* del tipo *LOGIC POD (EXT. CLOCK)* al conector 5A del LA4240 (el conector más a la derecha).
- Conectar cables a los canales 0-1 del *pod* 5A (canales 32 y 33) y a uno de los canales marcados como GND. En los canales 0 y 1, fijar una pinza en sus otros extremos y conectar de la siguiente manera: canal 0 a CP, canal 1 a Q0, canal GND a tierra del circuito utilizando la conexión libre de la pinza ya conectada a tierra.

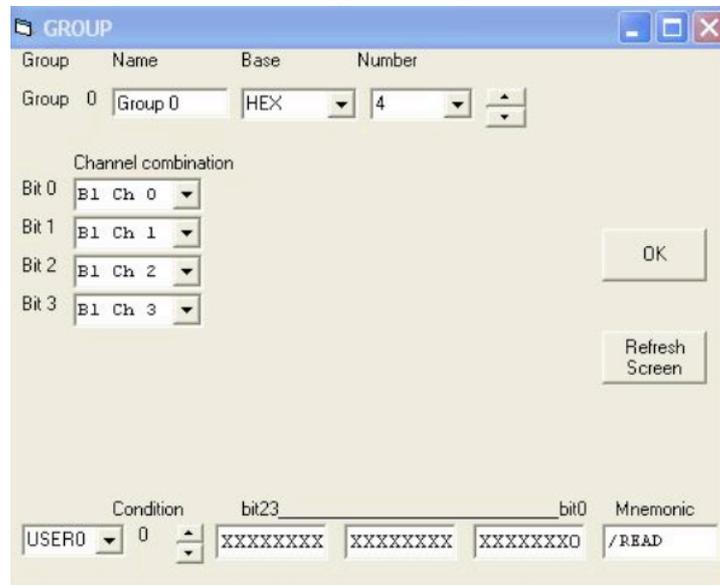
Para programar el analizador lógico primero hay que repetir parte de los pasos realizados en el apartado 1:

- Encender el equipo LA4240, si no lo estuviese, conectando su toma de alimentación.
- Ejecutar el programa de control del LA4240 haciendo doble-click sobre el icono de acceso directo LA4240  del escritorio del ordenador. Pulsar en *Aceptar* y en *OK* en las dos ventanas que aparecen.
- Cargar el fichero de características por defecto de programación *Edigital.ini* que se encuentra en el directorio Edigital mediante el comando *Load Setting* del menú File.
- Poner todos los canales a cero mediante la carga del fichero de datos *Edigital.Dso* usando el comando *Load Data* del menú File.
- Comprobar que los *pods* 1 y 5 que se van a utilizar están definidos como *Logic Pod*. Se puede hacer desde el comando *Pod* del menú en línea, que abre la ventana Mode.
- Comprobar que el método de captura está programado a reloj interno a frecuencia de 1 Mhz (por ejemplo en la *Parameters window* del menú View, o en el comando *Source* del menú en línea y en la barra de herramientas).
- Comprobar que el modo de captura está en modo *Single*, lo que se aprecia en la barra de herramientas .

La programación específica para este apartado sigue estos pasos:

- Fijar la tensión umbral del *pod* 1 (canales 0-7) a 2.5V, y la del *pod* 5 (canales 32-39) a 2V. Se puede hacer desde el campo *Voltage* de la ventana de parámetros (activar *Parameters window* del menú View, el campo  más a la izquierda corresponde al *pod* 5 y el campo más a la derecha a los *pods* 1 y 2.
- Generar los grupos para observar los resultados de forma cómoda como lista de estados. Nos interesa visualizar los datos de la cuenta en decimal. Hay programar dos grupos: el

primero es Q de cuatro bits, en base decimal, siendo la salida Q3 asignada al bit más significativo del grupo y la salida Q0 asignada al bit menos significativo, el segundo grupo es TC de 1 bit asociado a la salida TC. Esto se puede realizar con el comando *Group Edit* del menú View. Este comando puede llamarse también desde otras ventanas.



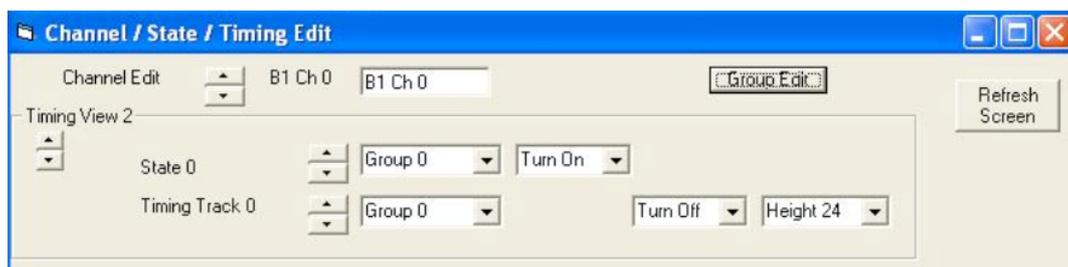
En esta ventana se pueden editar hasta 30 grupos distintos del Group 0 al Group 29. En la figura aparece la programación por defecto del Group 0. Se puede seleccionar otros grupos pulsando sobre los botones . Para cada grupo se pueden programar inicialmente 3 campos: el nombre (*Name*), que se introduce desde teclado, la base en la que se muestran las medidas (*Base*), que pueden tomar códigos estándares: HEX (hexadecimal), DEC (decimal), ASC (código ASCII), BIN (binario), o uno de las cuatro bases programables (USER0, USER1, USER2, USER3), y el número de bits del grupo (*Number*) que puede tomar valores entre 1 y 24 bits. Una vez determinado el número de bits del grupo se deben asignar los canales a cada bit del grupo desde los campos del *Bit 0* (bit menos significativo del grupo) hasta el *Bit N* (bit más significativo del grupo donde N es el número de bits menos 1). A cada bit se le pueden asignar los 40 canales de la tarjeta *Board1*, que aparecen en el formato del tipo *B1 Ch 0* al *B1 Ch 39*, y otros canales que no se conocen su función en formato del tipo *CH_D40* al *CH_D79* (pueden que sean los canales de una segunda tarjeta *Board2* o nombres utilizados en anteriores programas).

En la ventana inferior se encuentra la línea de programación de las bases programables USER0 a USER3. Para cada una de estas bases se pueden fijar en el campo *Condition* hasta 256 condiciones (se seleccionan con los botones) de valores (0, 1 ó X) en los bits de un grupo, y se les asigna un nombre en el campo *Mnemonic*. Cuando los medidas realizadas en los bits de un grupo coinciden con una condición (se examinan las condiciones de la más baja a la más alta) se muestra el valor del grupo en la pantalla de lista de estados mediante el mnemónico.

La programación para este apartado de la práctica utiliza dos grupos que se programan así:

- Asignar a los campos del Group 0 los siguientes valores: *Name* a valor Q, *Base* a valor DEC, *Number* a valor 4. Los bits del grupo se asignan como en la figura: Bit 0 al canal 0 (B1 Ch 0, Q0 en el contador), Bit 1 al canal 1 (B1 Ch 1, Q1 en el contador), Bit 2 al canal 2 (B1 Ch 2, Q2 en el contador), Bit 3 al canal 3 (B1 Ch 3, Q3 en el contador).
- Seleccionar el grupo Group 1 con los botones . Asignar a los campos del Group 1 los siguientes valores: *Name* a valor TC, *Base* a valor BIN, *Number* a valor 1. El bit (Bit 0) del grupo se asigna al canal 4 (B1 Ch 4, TC en el contador).
- Pulsar con el ratón en OK (o en el icono) para cerrar la ventana.

• Determinar los grupos visibles en la ventana de lista de estados. Ejecutar el comando *Channel/State/Timing Setup* del menú View. En la ventana que aparece se pueden programar los canales que se van a visualizar en las dos ventanas de medidas disponibles *Timing View 1* y *Timing View 2*, seleccionables con los botones . En cada una de ellas se pueden visualizar hasta 16 columnas de estados (de State 0 a State 15) y hasta 48 filas de formas de onda (de Timing Track 0 a Timing Track 47).



Cada uno de los estados se define en el campo *State 0* de la figura, donde se puede cambiar el estado con los botones . A cada estado se le puede asignar uno de los 30 grupos (con el nombre Group X o con el nombre definido en el comando *Group Edit*) y se puede indicar en el siguiente campo si es visible en pantalla (*Turn On*) o si no lo es (*Turn Off*)

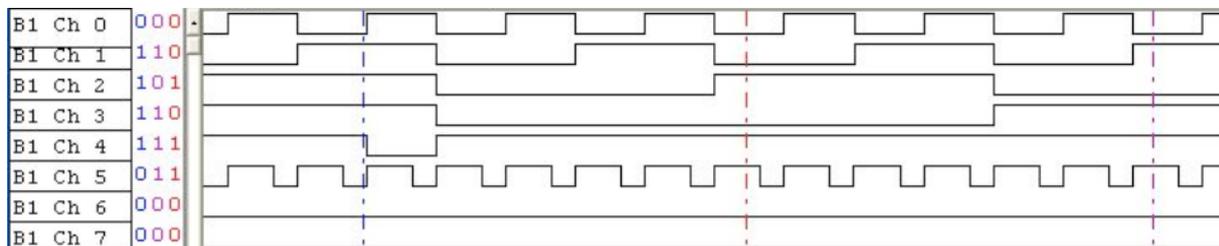
Cada una de las filas de formas de onda se define en el campo *Timing Track 0* de la figura, donde se puede cambiar la fila con los botones . A cada *Timing Track* se le puede asignar uno de los 30 grupos o uno de los 40 canales en el primer campo programable (si se programa uno de los 40 canales aparece un nuevo campo para escribir una etiqueta con la que aparece en pantalla), se puede hacer visible o no (*Turn On* ó *Turn Off*), y se puede programar la altura en puntos de la fila en la pantalla (de la menor *Height 16* a la mayor *Height 36*).

La programación por defecto del equipo preparada para las prácticas utiliza dos ventanas de formas de onda. Por defecto se arranca con la ventana *Timing view 1*, programada de forma que sólo se visualicen en ella de arriba hacia abajo los canales individuales del 0 al 39 del LA4240 como formas de onda, tiene 40 *Timing Track* activos asignados ordenadamente a los 40 canales del equipo y ningún *State* activo. La ventana *Timing view 2* está desactivada por defecto y está programada para utilizarla en formato de lista de estados, no tiene activo ningún *Timing Track*, y tiene cuatro *States* activos asignados a grupos no programados. Las

ventanas *Timing view 1* y *Timing view 2* se activan y se desactivan mediante los comandos *Timing 1 <- Data 1* y *Timing 2 <- data1* del menú *Timing*.

Para la práctica, partiendo de la programación por defecto, se debe hacer esta programación:

- Mantener *Timing view 1* en su situación actual.
- Seleccionar *Timing view 2*. Mantener todos los *Timing Tracks* desactivados. Comprobar que en *State 0* está asignado el grupo Q de forma visible, y que en *State 1* está asignado el grupo TC de forma visible. Desactivar la visibilidad de *State 2* y *State 3*, el resto de los estados no es visible por defecto.
- Pulsar con el ratón en el icono  para cerrar la ventana.
- Pulsar con el ratón en el icono  y realizar una captura de datos.

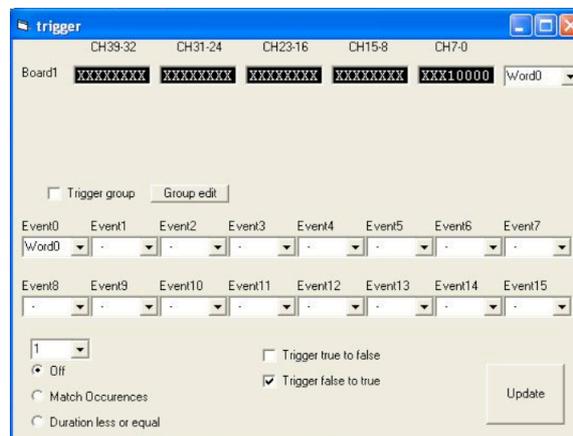


Se ha hecho una captura temporal. En pantalla tienen que aparecer transiciones lógicas en los canales 0-5. Se debe observar que las señales en los cinco primeros canales (0-4) cambian en función de un flanco positivo en la señal del canal 5 que es el reloj. También se debe observar que el periodo de las señales de salida Q0-Q3 se dobla sucesivamente y que la señal TC se activa (valor bajo) sólo en el valor final de la cuenta. Si al realizar mediciones se observan peligros en las salidas del contador, se debe situar un condensador de $0.1\mu\text{F}$ entre las patillas de alimentación y tierra del contador (como se hacía en el apartado 1) para eliminar dichas transiciones.

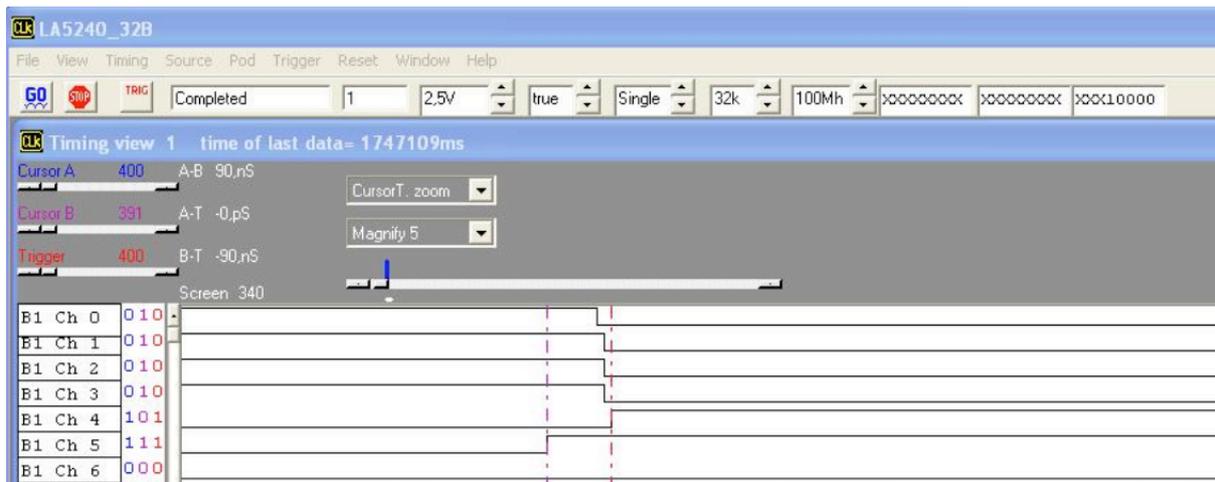
- Guardar la programación efectuada para este apartado en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Setting As...* del menú *File*, e indicar el nombre *Dos.ini*.
- Guardar las medidas efectuadas para este apartado en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Data As...* del submenú *Save Data* del menú *File*, e indicar el nombre *Dos.Dso*.
- Cambiar la frecuencia de muestreo a 100 Mhz (con el campo  de la barra de herramientas) y la memoria a 32K (con el campo ) para medir aproximadamente el tiempo de propagación de cada salida del contador.
- Programar un sistema de disparo (*trigger*) en el analizador lógico para localizar en pantalla cuando cambian todas las salidas a la vez (paso de cuenta de 15 a 0). Sin la programación del disparo para localizar esta situación hay que moverse en la pantalla de formas de onda y utilizar el *Zoom* de la pantalla (situar *Screen zoom* y disminuir la resolución con *Magnify*

1/10, Magnify 1/20, etc). Si se programa el disparo se puede conseguir que las mismas medidas aparezcan siempre en las mismas direcciones de pantalla. Los pasos que se deben realizar son los siguientes:

- Situar la resolución a *Magnify 1*.
- Situar la parte de la ventana de formas de onda visible a su valor más bajo (arrastrar con el ratón la marca inferior en el cursor de pantalla de formas de onda a la izquierda).
- Situar la marca T sobre la muestra 400 de pantalla (arrastrar con el ratón a marca T vertical en la pantalla de formas de onda). La situación de disparo se colocará siempre en la medida 400 en pantalla.
- Ejecutar el comando *Trigger* del menú en línea. Programar la palabra *Word0* con los valores 10000 en los canales del 4 al 0 (equivalente a utilizar en los campos de la barra de herramientas). Pulsar con el ratón en *Update* para aceptar los cambios. Pulsar con el ratón en el icono  para cerrar la ventana.

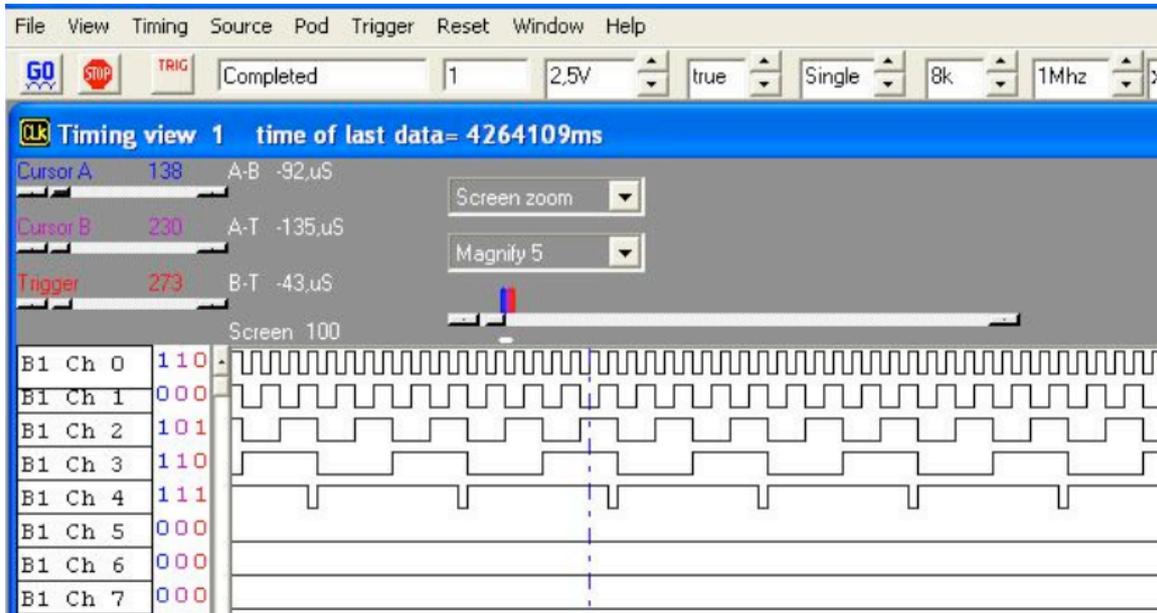


- Pulsar con el ratón en el icono  varias veces y realizar varias capturas de datos. La disposición de las medidas en la pantalla siempre son aproximadamente iguales (puede que alguna vez dispare sobre otra zona, pero no es lo normal). La palabra de disparo puede dar algún problema si la salida TC es más lenta que las salidas Q pero no es lo normal, en ese caso cambiar el valor del bit de disparo en el canal 4 a 0.
- Situar el Zoom sobre el cursor T (*CursorT. Zoom*) y aumentar la resolución (*Magnify 5*). Mover las marcas A y B y medir los tiempos de propagación de las salidas frente al reloj con las medida A-B de la pantalla, indicando si son HL o LH.
- Guardar la programación efectuada para este apartado en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Setting As...* del menú File, e indicar el nombre DosUp.ini.
- Guardar las medidas efectuadas para este apartado en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Data As...* del submenú *Save Data* del menú File, e indicar el nombre DosUp.Dso.



- Repetir las medidas de tiempo situando el contador en modo de cuenta hacia abajo (señal U/D conectada a tierra), con la palabra de disparo *Word0* en los canales 4-0 al los valores 01111 (puede dar algún problema si la salida TC es más lenta que las salidas Q pero no es lo normal, en ese caso cambiar el valor del bit de disparo en el canal 4 a valor 1).
- Guardar la programación efectuada para este apartado en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Setting As...* del menú File, e indicar el nombre *DosDown.ini*
- Guardar las medidas efectuadas para este apartado en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Data As...* del submenú *Save Data* del menú File, e indicar el nombre *DosDown.Dso*.
- Volver a la programación inicial situando la frecuencia a 1Mhz, la memoria a 8K y eliminando la palabra de disparo (todos los canales a X) y resolución a 1 (*Magnify 1*). Se mantiene la programación de los grupos. Situar el contador en cuenta hacia arriba.
- Como el circuito es secuencial síncrono, para examinar su funcionamiento es interesante realizar capturas en función del propio reloj del circuito, de forma que se tome una única medida por ciclo de reloj independientemente de su frecuencia. En nuestro circuito al ser disparado por flanco positivo se tomarán las medidas con respecto al flanco negativo del reloj para que todo el circuito esté en una situación estable al realizar la medida. Para ello seleccionar el valor *External->Falling* en el comando *Source* del menú en línea (o en la ventana de parámetros). Este modo de captura indica que se toma una medida cuando por el canal 0 del *pod 5* (canal 32) se detecte un flanco de bajada, al hacer las conexiones este canal se ha conectado al reloj del circuito. Ahora el valor de la frecuencia de muestreo no tiene importancia.
- Pulsar con el ratón en el icono **GO** y realizar una captura de datos. Los resultados se muestran de forma regular, donde cada muestra corresponde al valor medido en el flanco de bajada del reloj. Debido a ello el canal del reloj está siempre a 0.
- Aumentar la resolución al valor *Magnify 5* y observar los resultados. Desplazar una marca por la pantalla de medidas y observar que cada medida consecutiva contiene el resultado de una cuenta en binario hacia arriba.

- Guardar la programación efectuada para este apartado en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Setting As...* del menú File, e indicar el nombre DosSinc.ini.
- Guardar las medidas efectuadas para este apartado en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Data As...* del submenú *Save Data* del menú File, e indicar el nombre DosSinc.Dso.



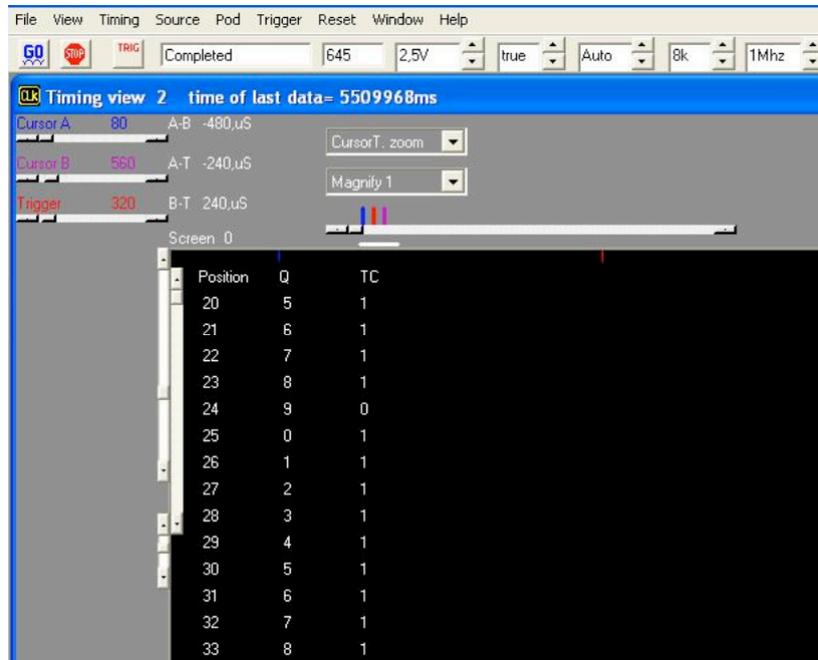
- Observar la cuenta como lista de estados. Realizar los siguientes pasos:

- Desactivar el campo *Timing 1 <- data1* del menú en línea Timing.
- Activar el campo *Timing 2 <- data1* del menú en línea Timing.
- Activar el campo *State of logic analyzer* del menú en línea View.

Dentro de la ventana que aparece, el campo *Position* indica la dirección de muestra y las columnas Q y TC el valor de cada grupo en dicha muestra. Las posiciones en pantalla se mueven con el cursor vertical a la izquierda del campo *Position*.

- Situar el método de captura de datos al valor *Auto* desde el icono  de la barra de herramientas (o el campo *Mode* de la ventana de parámetros). De esta forma se van a hacer medidas continuamente.
- Pulsar con el ratón en el icono , el equipo estará continuamente tomando medidas. Comprobar los valores de los grupos en los cuatro modos de cuenta (Binario Arriba, Binario Abajo, BCD Arriba, BCD Abajo) cuando se conectan las señales U/D y B/D del contador +5V o a GND. Para finalizar las medidas o, si es necesario para observarlas correctamente, pulsar sobre el icono .
- Guardar la programación efectuada para este apartado en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Setting As...* del menú File, e indicar el nombre DosSt.ini

- Guardar las medidas efectuadas para este apartado en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Data As...* del submenú *Save Data* del menú *File*, e indicar el nombre *DosSt.Dso*.



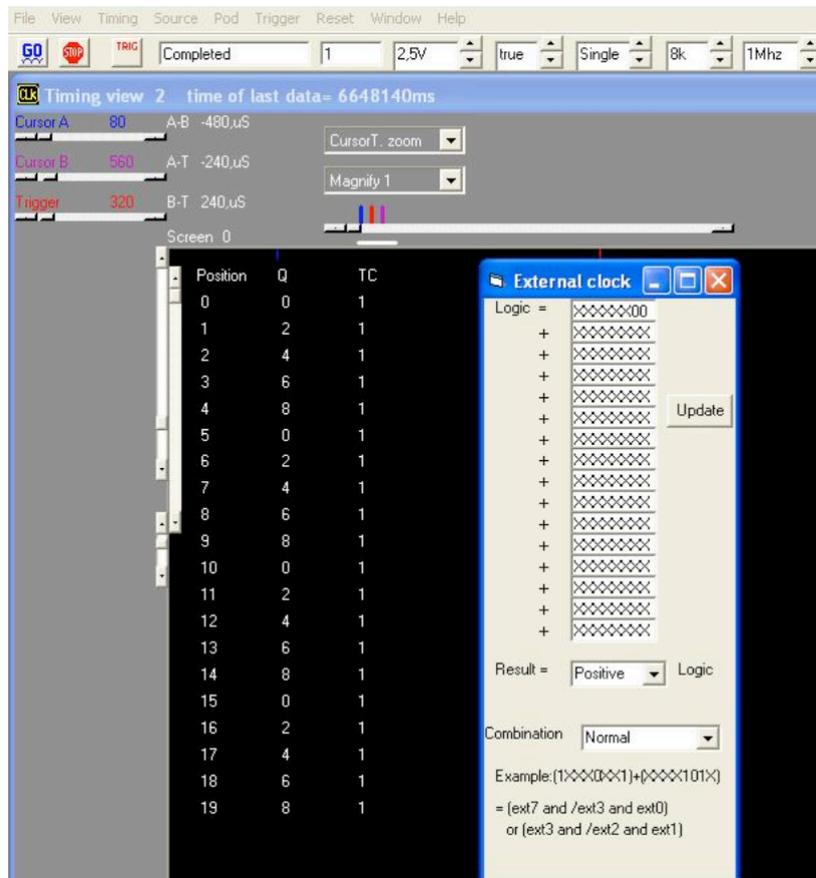
- Ahora se va a complicar la captura de señales, de forma que sólo se almacenen y visualicen los números pares o impares (el contador cuenta normalmente, pero el LA4240 sólo almacena ciertos datos). Para ello hay que activar el modo *External->User define* del comando *Source* de menú en línea. En la ventana que aparece situar en la palabra superior los dos bits de la derecha a valor 0 (canales 0 y 1 del *pod 5*, de derecha a izquierda). Pulsar con el ratón en *Update*.

De esta forma se indica que se hará una captura cuando algún cambio en el canal 32 (conectado a CLK) o en el canal 33 (conectado a Q0) del LA4240 haga que estos dos bits estén a 0 a la vez. En nuestro caso eso significa sólo un caso: flanco negativo en CLK con Q0 a 0, ya que el flanco negativo en Q0 con CLK a 0 es imposible (Q0 cambia sólo después de un flanco positivo en CLK, si Q0 cambia a 0, entonces es que CLK está en 1).

- Situar el modo de captura a valor *Single* desde el icono  de la barra de herramientas y pulsar con el ratón en el icono . Comprobar que se han almacenado sólo los números pares. No hace falta guardar la configuración y las medidas ya que el programa da problemas al cargarlas de nuevo.

- Repetir el mismo proceso para la medida de los números impares, realizando la programación adecuada del modo de captura *User define*.

- Abandonar el programa con el comando *Exit* del menú *File*.
- Finalizado este apartado soltar la alimentación, desconectar las conexiones del LA4240 con el circuito con cuidado para no romper los cables y desmontar los circuitos que queden en la regleta.

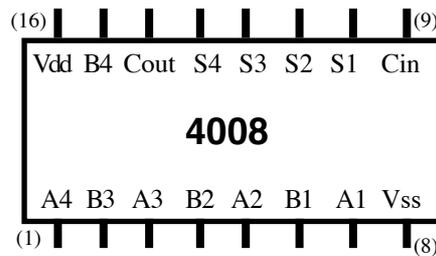


3.3. Verificar el funcionamiento del circuito sumador 4008B.

El objetivo de esta práctica es comprobar que el circuito CMOS 4008 se comporta como un sumador aritmético. El circuito 4008 es un sumador de dos operandos A y B de cuatro bits con una entrada de acarreo (Cin). La salida se muestra en cinco bits: S salida de suma de 4 bits y el acarreo de salida (Cout). La operación que se realiza es:

$$A \text{ PLUS } B \text{ PLUS } C_{in} = (C_{out}S_4S_3S_2S_1)_2$$

La suma aritmética de A (4 bits), B (4 bits) y Cin (1 bit) se muestra en binario en las salidas, donde Cout es el bit más significativo (peso 16) y S1 es el menos significativo (peso 1). Las conexiones del circuito 4008 se muestran en la siguiente figura. El circuito debe fijarse en la parte más a la derecha de la regleta. La tensión de alimentación de +5V que se debe conectar al *pin* Vdd del circuito. La tierra se conecta al *pin* Vss. Se debe utilizar un cable para conectar cada entrada (A1-A4, B1-B4, Cin) y cada salida (S4-S1, Cout) a los canales del LA4240. Se recomienda situar los cables de las entradas A y B, y los cables de las salidas de distintos colores y apuntando a direcciones distintas de la regleta, para poder distinguirlos más fácilmente si hay que rehacer las conexiones.



Las conexiones entre el circuito y el analizador lógico son las siguientes:

- Conectar dos *Pods* del tipo generador de patrones PATTERN GENERATOR POD a los conectores 3A y 4A del LA4240.
- Conectar cables a los 8 canales del *pod* 3 y uno al canal de índice más bajo del *pod* 4. Fijar una pinza en sus otros extremos y conectar de la siguiente manera: canales 0-3 del *pod* 3 a B1-B4, canales 4-7 del *pod* 3 a A1-A4, canal 0 del *pod* 4 a Cin. Conectar un cable a uno de los canales marcados como GND de cada *pod*, conectar sus otros extremos a cada conector de una misma pinza en su otro extremo y conectar la pinza a GND del circuito.
- Conectar dos *Pods* de tipo analizador lógico LOGIC POD a los conectores 1A y 2A del LA4240.
- Conectar cables a los 8 canales del *pod* 1 y a los 6 canales de índice más bajo del *pod* 2. Conectar los canales 0-3 del *pod* 1 a B1-B4 fijando el cable en el conector libre de la pinza utilizada por el cable del generador de patrones, conectar de la misma manera los canales 4-7 del *pod* 1 a A1-A4, y el canal 0 del *pod* 2 a Cin, fijando el cable en la conexión libre de la pinza utilizada por el cable del generador de patrones. Conectar los canales 1-5 del *pod* 2 a las salidas S1, S2, S3, S4, Cout del sumador, fijando una pinza en el otro extremo del cable. Conectar un cable a uno de los canales marcados como GND de cada uno de los *Pods* 1 y 2 conectar sus otros extremos a cada conector de una misma pinza y conectar la pinza a GND del circuito.

Se sitúan canales para medir las entradas de datos porque no es fácil sincronizar los canales del generador de patrones con los del analizador lógico, ya que las dos máquinas funcionan en intervalos de tiempo distinto. Podría pensarse que los valores que se aplican en los canales del generador de patrones deben coincidir en el tiempo con los medidos en el analizador lógico, por lo que los valores que se aplican y los valores que se capturan deberían aparecer en la misma dirección en pantalla. Eso no es cierto, y para sincronizar los datos en las entradas y las salidas del sumador hay que leer también las entradas.

El método de sincronización que se utilizará en la práctica consiste en fijar la marca T (*Trigger*) en un punto fijo de la pantalla de datos, introducir una palabra de disparo compuesta por una de las combinaciones de entrada que se introducen para probar el sumador, y que deben leerse en los canales 0-8 del analizador lógico.

Podría utilizarse un método para sincronizar utilizando menos entradas (por ejemplo sólo A o con algunos bits de A), y las capacidades de programación del LA4240. Se situaría la marca Trigger en la posición donde se programa en el generador de patrones un valor determinado y único en la secuencia, y se utilizaría ese valor como palabra de disparo. Al capturar las salidas deberían situarse de esta forma que coincidan en pantalla las medidas tomadas en las salidas

con el analizador lógico y los valores programados en las entradas A, B y Cin del generador de patrones.

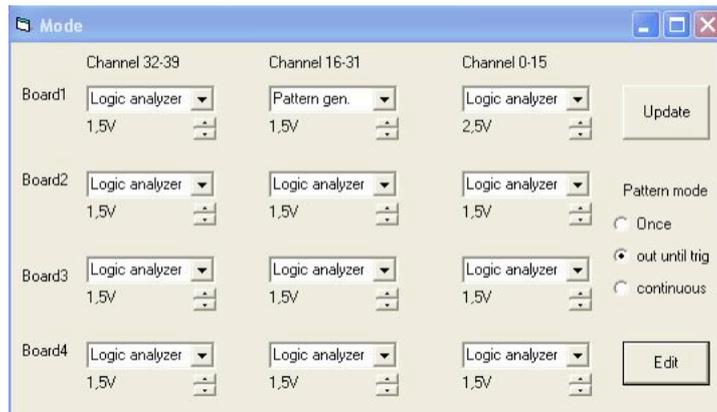
Para programar el analizador lógico primero hay que repetir parte de los pasos realizados en el apartado 1:

- Encender el equipo LA4240, si no lo estuviese, conectando su toma de alimentación.
- Ejecutar el programa de control del LA4240 haciendo doble-click sobre el icono de acceso directo LA4240  del escritorio del ordenador. Pulsar en *Aceptar* y en *OK* en las dos ventanas que aparecen.
- Cargar el fichero de características por defecto de programación *Edigital.ini* que se encuentra en el directorio Edigital mediante el comando *Load Setting* del menú File.
- Poner todos los canales a cero mediante la carga del fichero de datos *Edigital.Dso* usando el comando *Load Data* del menú File.
- Comprobar que los *Pods* 1 y 2 (canales 0-15) están definidos como *Logic analyzer* y que los *Pods* 3 y 4 (canales 16-31) están definidos como *Pattern gen*. Se puede hacer desde el comando *Pod* del menú en línea, que abre la ventana Mode.
- Comprobar que el método de captura está programado a reloj interno a frecuencia de 1 Mhz (por ejemplo en la *Parameters window* del menú View, o en el comando *Source* del menú en línea y en la barra de herramientas).
- Comprobar que el modo de captura está en modo *Single*, lo que se aprecia en la barra de herramientas .
- Situar la tensión umbral de los *Pods* 1 y 2 a 2.5 voltios desde el icono  de la barra de herramientas. No hace falta programar los *Pods* 3 y 4 ya que los niveles de tensión los genera directamente el PATTERN GENERATOR POD a niveles típicos TTL y no son programables.

Ahora se deben cargar en los canales del generador de patrones los valores con los que se va a probar el circuito. Al pulsar en el icono  el generador de patrones enviará los datos cargados en los canales desde la dirección o posición más baja hasta la más alta. La programación del LA4240 como generador de patrones se realiza siguiendo estos pasos:

- Ejecutar el comando *Pod* del menú en línea, con lo que se abre la ventana Mode. En esa ventana:

- Elegir el modo en que se van a enviar los patrones por los *Pods* 3 y 4 mediante el campo *Pattern Mode*: el modo debe ser el marcado por defecto *out until trig* lo que implica que el generador de patrones enviará continuamente datos (al acabar de enviar el contenido de la última posición vuelve a empezar por el principio) hasta que el analizador lógico encuentre la condición de disparo y pare automáticamente, o se pulse en el icono . Las otras opciones son *Once*, que envía los patrones sólo una vez, y *continuous* que reenvía continuamente los patrones hasta que se detenga con el icono . Para cambiar de opción se debe activar con el ratón la opción elegida y pulsar en *Update*.



- Programar los patrones de test. En la ventana *Mode* pulsar sobre el botón *Edit*. Se abre la ventana *Pattern*.

Esta ventana tiene varios campos de programación: *Channel* permite elegir el canal (o canales) que se va a programar. Si en el campo *Channel Mode* está activo el valor 1 se programa un canal, si está activo el valor 8 se programan simultáneamente 8 canales en hexadecimal (grupos 0-7, 8-15, etc). Los canales a editar se seleccionan en el campo *Channel* con los botones .

El botón *Copy* (el botón encima del botón *Magnify*) permite copiar el contenido de una canal (ó 8 canales según *Channel mode*) a otro. El campo que se copia está indicado en *Channel*, y el canal donde se hacer la copia se fija en el campo *Copy to* a partir de sus botones . Se puede incluir un desfase en las direcciones copiadas mediante el valor numérico del campo *Offset*.

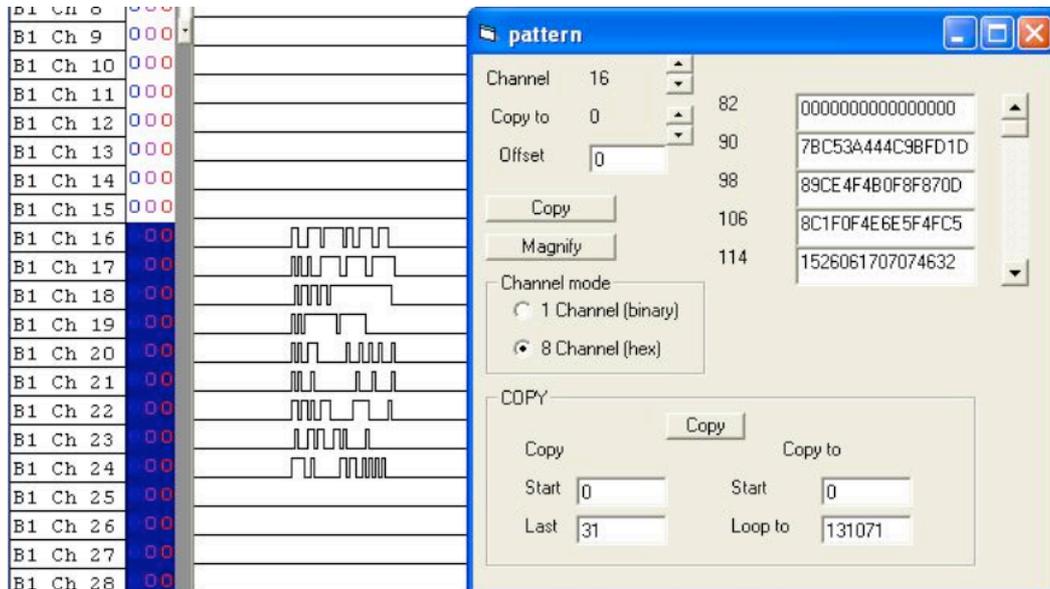
El botón *Magnify* amplifica por 2 el contenido de las direcciones bajas del canal (o grupo de 8 canales) indicado en *Channel*.

Los campos *COPY* de la parte inferior de la ventana *pattern* permiten realizar copias dentro de las direcciones del canal (o grupo de 8 canales) indicado por *Channel*: se copia el contenido del intervalo indicado por [*Start, Last*] en *Copy* a las direcciones del intervalo indicado por [*Star, Loop to*] en *Copy to*; si el intervalo de *Copy to* es menor que el de *Copy* se copian las direcciones más bajas, si es mayor se copia todo el intervalo de *Copy* varias veces. Para copiar pulsar con el ratón sobre el botón *Copy* de esta zona de la ventana *pattern*.

Los valores que se deben programar en los canales se introducen en las 5 filas de la parte superior derecha, en cada fila se indica cuál es la primera posición en la que se introducen datos en el canal (o grupo de 8 canales) seleccionados en *Channel*. Se pueden cambiar estas direcciones con el cursor vertical de la derecha. En cada fila las direcciones en el canal están ordenadas de posición más baja a más alta de izquierda a derecha; cuando el campo *Channel mode* está a valor 1 en cada fila aparecen 16 bits (16 direcciones que se pueden cargar a 0 ó a 1), cuando está a valor 8 en cada fila se muestran 16 dígitos hexadecimales (valores de 0 a F) que representan 8 direcciones asociando dos dígitos consecutivos a cada posición, en el izquierdo se cargan los valores de los 4 bits más significativos, y en el derecho los de los 4 bits menos significativos. Por ejemplo en la figura en la posición 90 los bits 23-20 están

cargados a 7 (0111) y los bits 19-16 están cargados a B (1011), en la posición 91 los bits 23-20 están cargados a C (1100) y los bits 19-16 a 5 (0101).

Mientras que los datos se van cargando en la ventana *Pattern* van apareciendo sus valores en la ventana de formas de onda (puede que en alguno de los puestos del laboratorio al tomar datos las 62 primeras direcciones de la ventana *Pattern* desaparezcan en la ventana de formas de onda: la dirección 90 en la ventana *Pattern* pasa a ser la 28 en pantalla).



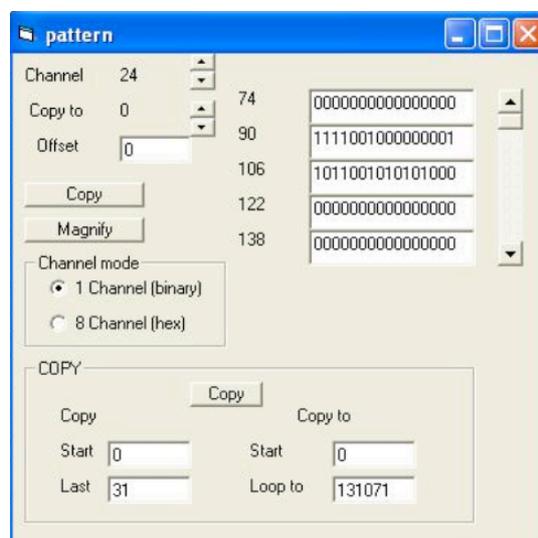
Para cargar los datos en la práctica primero hay que definir la secuencia de datos que se va a cargar, y que se va a programar a partir de la dirección 90 de la ventana *pattern*. Los datos se muestran en hexadecimal porque así se cargan en la ventana *pattern*.

Dirección:	A	+	B	+	Cin =
90	7	+	B	+	1
91	C	+	5	+	1
92	3	+	A	+	1
93	4	+	4	+	1
94	4	+	C	+	0
95	9	+	B	+	0
96	F	+	D	+	1
97	1	+	D	+	0
98	8	+	9	+	0
99	C	+	E	+	0
100	4	+	F	+	0
101	4	+	B	+	0
102	0	+	F	+	0
103	8	+	F	+	0
104	8	+	7	+	0
105	0	+	D	+	1
106	8	+	C	+	1
107	1	+	F	+	0
108	0	+	F	+	1
109	4	+	E	+	1
110	6	+	E	+	0
111	5	+	F	+	0

112	4	+	F	+	1
113	C	+	5	+	0
114	1	+	5	+	1
115	2	+	6	+	0
116	0	+	6	+	1
117	1	+	7	+	0
118	0	+	7	+	1
119	0	+	7	+	0
120	4	+	6	+	0
121	3	+	2	+	0

Para cargar estos valores realizar los siguientes pasos en la ventana Pattern:

- Seleccionar la opción *8 Channel* en *Channel Mode*.
- Pulsar sobre los botones del campo *Channel* para fijar el canal al valor 16. Se programan 8 canales del 16 al 23. Al conectar el circuito los canales 23-20 quedaron conectados a A4-A1, luego en ellos debemos introducir los valores a aplicar a la entrada A; los canales 19-16 quedaron conectados a B4-B1, luego en ellos debemos introducir los valores a aplicar a la entrada B.
- Colocar con el cursor que la dirección de la primera fila sea 90. Introducir desde teclado los valores de las entradas A y B, borrar los 0s e introducir 7BC53A444C... (7: A en la dirección 90, B: B en la dirección 91, C: A en la dirección 92, 5: B en la dirección 93, 3: A en la dirección 94, A: B en la dirección 94, etc). Al llegar al final de una fila pasar a la fila siguiente. Así quedan programados los canales de las entradas A y B.
- Seleccionar la opción *1 Channel* en *Channel Mode*.
- Pulsar sobre los botones del campo *Channel* para fijar el canal al valor 24. Este canal ha sido conectado al Cin del sumador.
- Colocar con el cursor que la dirección de la primera fila sea 90. Introducir desde teclado los valores de la Cin en cada dirección, borrar los 0s e introducir 111100100000... (16 valores por filas de izquierda a derecha valor de Cin en la dirección 90, 91, 92, etc. Al llegar al final de una fila pasar a la fila siguiente. Así queda programado el canal de la entrada Cin.
- Cerrar las ventanas *pattern* y *Mode* pulsando con el ratón en el icono  de la ventana.



- Guardar la programación efectuada para este apartado en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Setting As...* del menú File, e indicar el nombre Tres.ini.
- Guardar los datos cargados en el generador de patrones en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Data As...* del submenú *Save Data* del menú File, e indicar el nombre Tres.Dso.

• Generar las etiquetas para observar los resultados de forma cómoda como lista de estados. Al final nos interesará visualizar los datos en decimal para saber si la suma se realiza correctamente, pero para comprobar si los datos están bien cargados primero los visualizaremos en hexadecimal. Hay que fijar 4 etiquetas: A, B, Cin, Suma. Para ello ejecutar el comando *Group Edit* del menú View. Sobre la ventana que aparece hay que realizar los siguientes pasos:

- En el campo *Group* seleccionar el Group 0 con los botones . Situar con el teclado el campo *Name* al valor A, seleccionar el valor HEX para el campo *Base* y 4 (4 bits) en el campo *Number*. A los cuatro bits del grupo hay que asociar los canales en los que se lee la entrada A: asociar el *Bit 0* a B1 Ch 4 (canal 4, se lee A1), el *Bit 1* a B1 Ch 5 (canal 5, se lee A2), el *Bit 2* a B1 Ch 6 (canal 4, se lee A3) y el *Bit 3* a B1 Ch 7 (canal 7, se lee A4).
- Ahora seleccionar en *Group* el Group 1, con los campos *Name* a valor B, *Base* a valor HEX y *Number* a valor 4 (4 bits). Asociar a los bits del grupo los canales en los que se lee la entrada B: asociar el *Bit 0* a B1 Ch 0 (canal 0, se lee B1), el *Bit 1* a B1 Ch 1 (canal 1, se lee B2), el *Bit 2* a B1 Ch 2 (canal 2, se lee B3) y el *Bit 3* a B1 Ch 3 (canal 3, se lee B4).
- Seleccionar en *Group* el Group 2, con los campos *Name* a valor Cin, *Base* a valor DEC y *Number* a valor 1 (1 bits). Asociar al bit del grupo el canal donde se lee la entrada Cin: asociar el *Bit 0* a B1 Ch 8 (canal 0, se lee Cin).
- Seleccionar en *Group* el Group 3, con los campos *Name* a valor Suma, *Base* a valor DEC y *Number* a valor 5 (5 bits). Asociar a los bits del grupo los canales en los que se leen las salidas de Cout y Suma: asociar el *Bit 0* a B1 Ch 9 (canal 9, se lee S1), el *Bit 1* a B1 Ch 10 (canal 10, se lee S2), el *Bit 2* a B1 Ch 11 (canal 11, se lee S3), el *Bit 3* a B1 Ch 12 (canal 12, se lee S4), y el *Bit 4* a B1 Ch 13 (canal 13, se lee Cout).
- Pulsar en OK para cerrar la ventana.

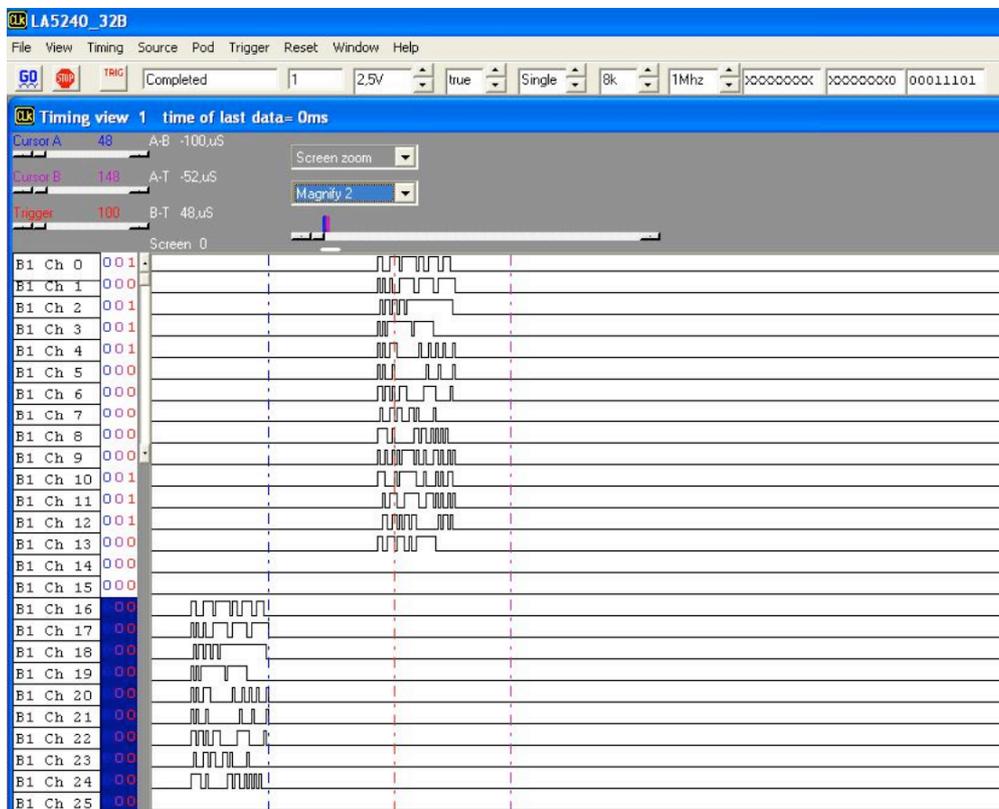
• Fijar un mecanismo de disparo para poder visualizar cómodamente los resultados:

- Situar la marca T (*Trigger*) de la pantalla de formas de onda en la posición 100. La adquisición de medidas se sincroniza tomando como referencia la marca T, por tanto alrededor de la posición 100.
- Programar la palabra de disparo Word 0 de forma que se lea una de las palabras válidas que el generador de patrones aplica al circuito, por ejemplo la de la dirección 39. Al aplicar esta dirección se debería leer 0 1 D (en formato Cin A B) en los canales del 8 al 0 del analizador lógico: 0 0001 1101 en bits. Programar estos valores en el campo de la barra de herramientas

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX00011101

En la posición 100 de la ventana de formas de onda se deben leer estos valores en los canales 8-0, junto con los valores que se midan en las salidas del circuito (canales 13-9).

- Sin alimentar el circuito realizar una captura de datos pulsando con el ratón en el icono **GO**. Si todas las conexiones estuviesen bien hechas y la captura se realizase correctamente, debería finalizar automáticamente y aparecer en los canales 8-0 las mismas formas de onda que en los canales 24-16, en los alrededores de la posición 100 (marca Trigger), se puede aumentar la resolución (*Magnify 2*) para comprobarlo más fácilmente. Si hay algún error de conexión lo normal es que la captura no finalice y se muestre el mensaje *Waiting for trigger* en el campo de Status. Para encontrar los posible fallos de conexiones (cables sueltos) se puede sustituir alguno de los 1s de la palabra de disparo por Xs. Al relajar las condiciones de disparo el sistema tomará medidas, y de las medidas tomadas se pueden deducir donde están las malas conexiones.
- Alimentar ahora el circuito y realizar una captura, con lo que se deben medir valores en los canales conectados a las salidas. Comprobar que todas las salidas toman valores 0 y 1, si no reparar las conexiones.
- Examinar las respuestas como lista de estados. En el menú en línea Timing desactivar el campo *Timing 1 <- data1* y activar el campo *Timing 2 <- data1*. En el menú View activar el campo *State of logic analyzer*. Situar con el cursor vertical a la izquierda de las medidas las direcciones visibles alrededor de la posición 100 (donde están las medidas). Comprobar que los valores bajo las columnas A, B y Cin son los que deberían ser para cada dirección.



- Volver a editar los grupos con el menú *Group edit* del menú *View*. En los grupos correspondientes a las entradas A y B situar la base a DEC (decimal). Pulsar en OK. Comprobar que las medidas tomadas indican que el circuito suma correctamente. Si las sumas no son correctas repasar las conexiones. Para localizar algún error en las conexiones hay que volver a la ventana de formas de onda (desactivar *State of logic analyzer* en *View*, desactivar *Timing 2 <- data1* y activar *Timing 1 <- data1* en *Timing*), situar un nuevo cable en un canal libre del *pod 2* y comprobar con ese canal los valores que realmente les llegan a los *pins* del sumador por si hay algún cable intercambiado o roto.
- Volver a guardar la programación actual en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Setting As...* del menú *File*, e indicar el nombre *TresEnd.ini*
- Guardar las medidas actuales en un fichero en el directorio Pr3 del directorio de trabajo de cada grupo. Utilizar la orden *Save Data As...* del submenú *Save Data* del menú *File*, e indicar el nombre *TresEnd.Dso*.
- Abandonar el programa con la orden *Exit* del menú *File*.
- Soltar la alimentación, desconectar los cables conectados del circuito y de los *Pods* con cuidado para no romperlos, y desmontar el circuito sumador de la regleta.

