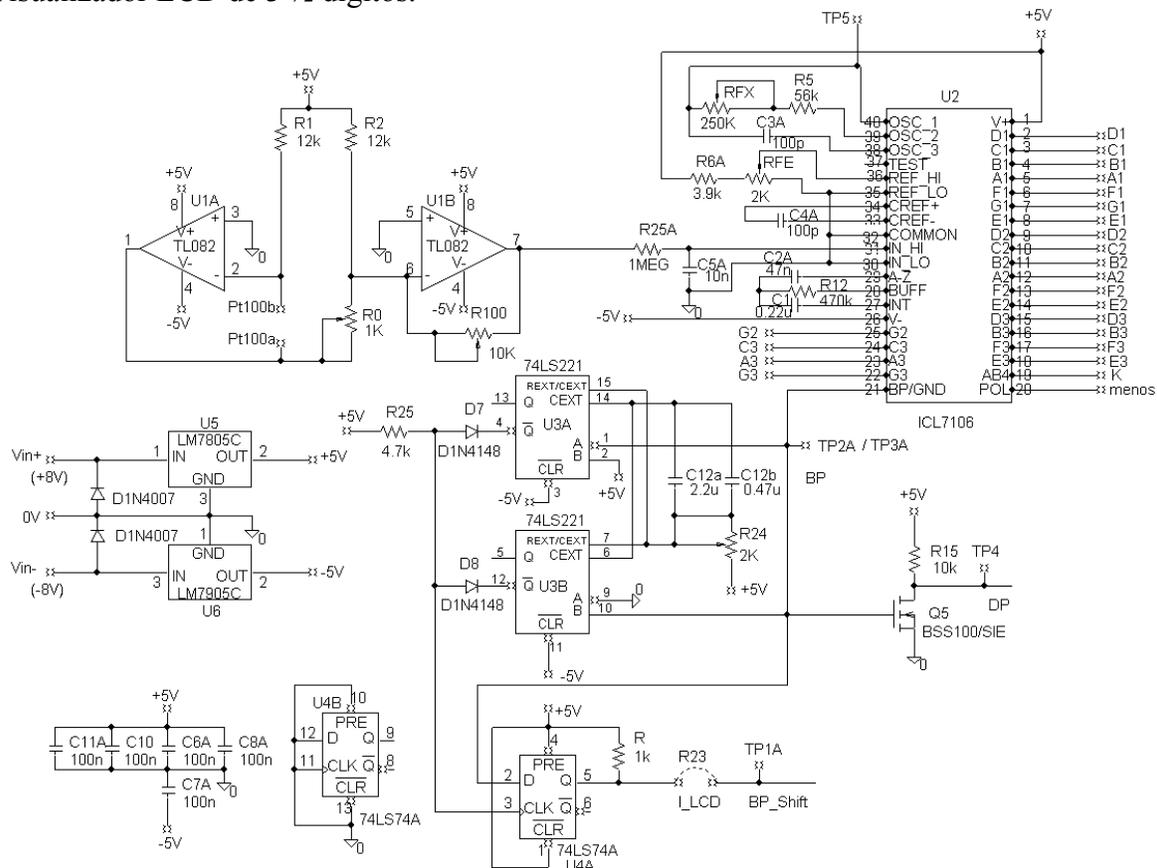


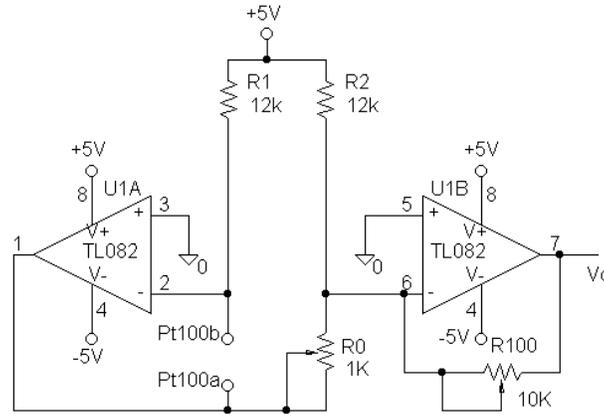
Práctica B.3: Diseño y verificación de un termómetro digital con visualizador LCD

En la presente práctica se va a estudiar el funcionamiento de un termómetro digital de precisión, basado en un sensor RTD Pt100 y con un visualizador de cristal líquido o LCD. El sensor RTD es una resistencia variable con la temperatura y la Pt100 en concreto es un sensor de platino que presenta una gran linealidad en un amplio rango de temperaturas. Utilizaremos un circuito acondicionador para generar una tensión proporcional a la temperatura. A continuación conectaremos dicha tensión a un convertidor A/D que genera una señal digital codificada para un visualizador LCD. Todo esto ya está integrado y es el circuito integrado ICL7106. El circuito además dispone de una etapa para modificar el contraste y una etapa de alimentación para obtener la alimentación simétrica de $\pm 5V$ a partir de tensiones simétricas superiores. Por supuesto también se dispone de un visualizador LCD de 3 $\frac{1}{2}$ dígitos.



Estudiemus cada una de las etapas por separado:

a) **Acondicionador de la señal.** El circuito acondicionador de la señal es un puente de Wheatstone en el que en una rama está la RTD. Para su diseño hay que obtener la función de transferencia que relacione la tensión de salida con el valor de la resistencia de la RTD. Mediante los dos potenciómetros ajustaremos por una parte el 0 del acondicionador y por otra el fondo de escala o sensibilidad.



Si llamamos R_T a la resistencia del sensor RTD Pt100, en el intervalo de temperaturas de comportamiento lineal, ésta varía con la temperatura de la forma:

$$R_T = R_{T_0} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - T_0)]$$

donde:

R_T : Resistencia del sensor a una temperatura T

R_{T_0} : Resistencia a 0°C

T_0 : 0°C

α : Coeficiente de temperatura. En el sensor RTD Pt100 es de $0,39\%/^\circ\text{C}$

Si tomamos $R_1 = R_2$; la tensión de salida del circuito acondicionador V_o puede expresarse de la forma:

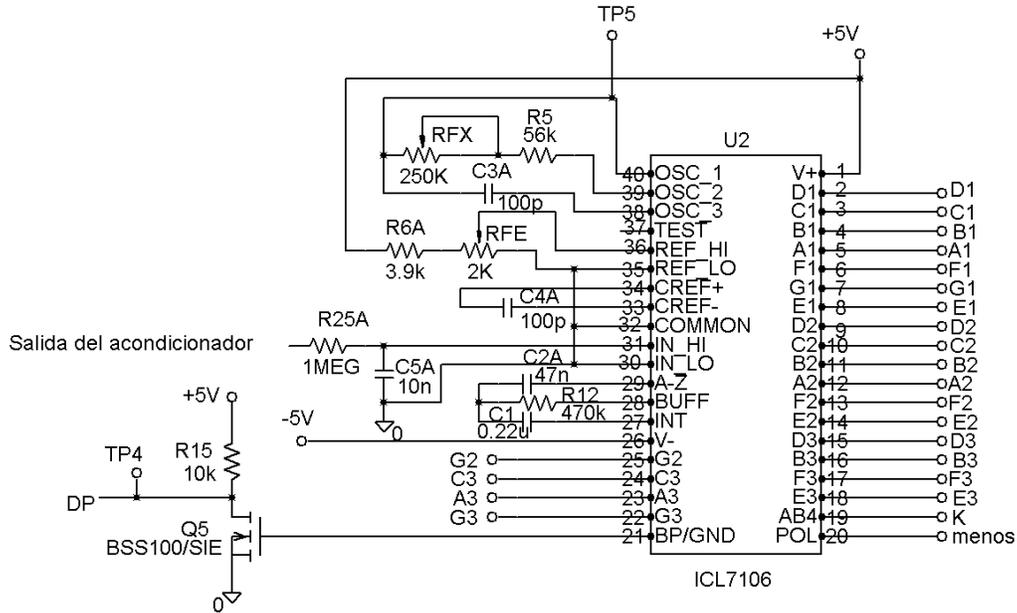
$$V_o = \frac{R_{100} \cdot (R_T - R_0)}{R_2 \cdot R_0} \cdot V_{cc} \text{ con } V_{cc} = 5V$$

Dado que la tensión de salida del circuito acondicionador ha de ser de $0V$ para 0°C , la resistencia R_0 habrá de ajustarse (potenciómetro) para que su valor coincida con la del sensor RTD Pt100 a esa temperatura.

Por otra parte, la resistencia R_{100} permite el ajuste del sistema acondicionador para conseguir una determinada sensibilidad en $\text{mV}/^\circ\text{C}$. Una sensibilidad de, por ejemplo, $10\text{mV}/^\circ\text{C}$, significa que la salida del sistema acondicionador será de $1V$ a los 100°C .

b) **ICL7106**. Este circuito integrado es un convertidor A/D que además de hacer la conversión digital hace de circuito de excitación de un visualizador LCD de $3 \frac{1}{2}$ dígitos, es decir, proporciona las señales que determinan si un segmento está encendido o no.

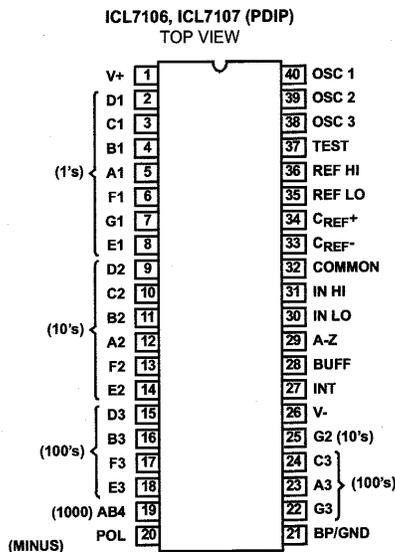
Las tensiones de entrada pueden tener un fondo de escala de $\pm 2V$ o de $\pm 200\text{mV}$. El circuito integrado se alimenta con una tensión bipolar de como máximo $15V$ (Ej. 0 a $15V$; $-15V$ a 0 ; $-7,5V$ a $7,5V$; etc). En nuestro caso hemos elegido $\pm 5V$ por razones que más adelante explicaremos.



El fondo de escala se ajusta con la tensión en el pin REF HI. Para un fondo de escala de $\pm 2V$ se ha de tener $V_{REF HI} = 1V$ lo cual puede ser obtenido mediante el potenciómetro R_{FE} .

Hay que fijar la frecuencia de funcionamiento del circuito que sirve para el A/D y para el “driver” del LCD. Recordemos que un cristal líquido no admite tensiones continuas sino alternas ya que las tensiones continuas provocan la electrólisis y por tanto su destrucción. Por ello se deben aplicar tensiones alternas (generalmente cuadradas, por comodidad) que resultan en un valor promedio de 0V en el segmento y un valor eficaz determinado (si la tensión eficaz está por encima del valor umbral el segmento se activa y si no permanece transparente). El ICL7106 genera una señal común o “backplane” (BP) que es común a todos los segmentos y luego una señal para cada uno de los segmentos ambas de baja frecuencia (20Hz a 100Hz). La frecuencia de la señal de reloj de los A/D se controla con una red R-C colocada en los pines 40, 39 y 38. El fabricante recomienda $f_{osc} = 48kHz$, la cual puede ser obtenida haciendo uso de la ecuación:

$$f_{osc} = \frac{0.45}{R \cdot C}$$



Dicha frecuencia se ajustará con el potenciómetro R_{FX} . Según el fabricante la frecuencia de la señal de “backplane” (BP) y de las señales de segmento será $f_{osc}/800$, es decir, 60Hz para una señal de reloj de 48kHz.

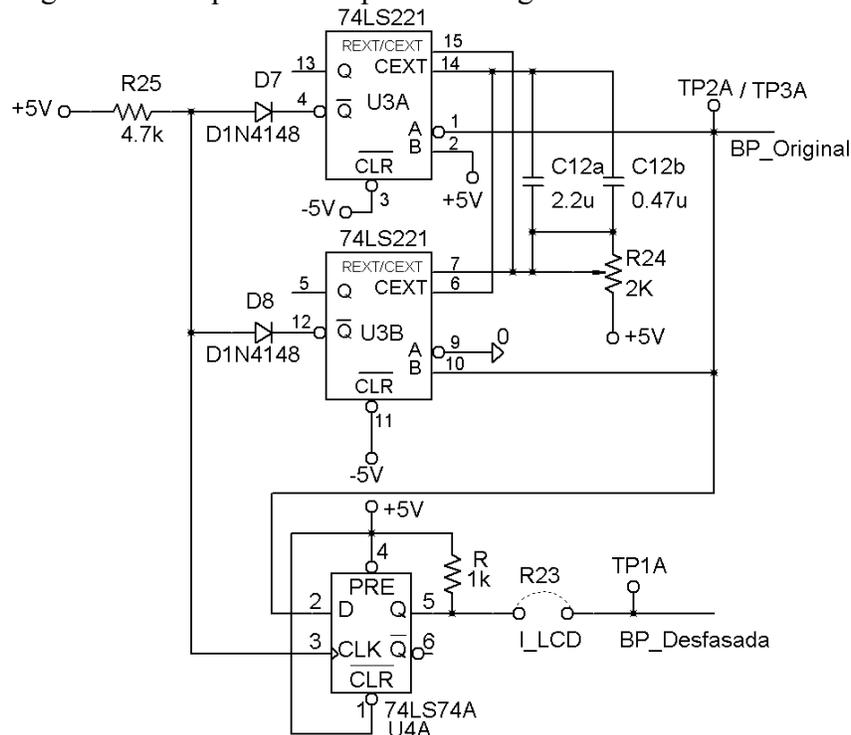
La señal que atacará a cada segmento será $V_{Segmento} - V_{BP}$. En consecuencia, si ambas señales están en fase el segmento estará desactivado y si están en oposición de fase estará activado. La amplitud de las señales de segmento y de BP es de 5V, de forma que dichas señales están comprendidas aproximadamente entre los niveles

V_+ y $V_+ - 5V$. De ahí que en nuestro caso se haya escogido $V_+=5V$ ya que de esta manera las tensiones cuadradas están entre los 5V y 0V. Esto nos permite añadir un circuito adicional para controlar el contraste.

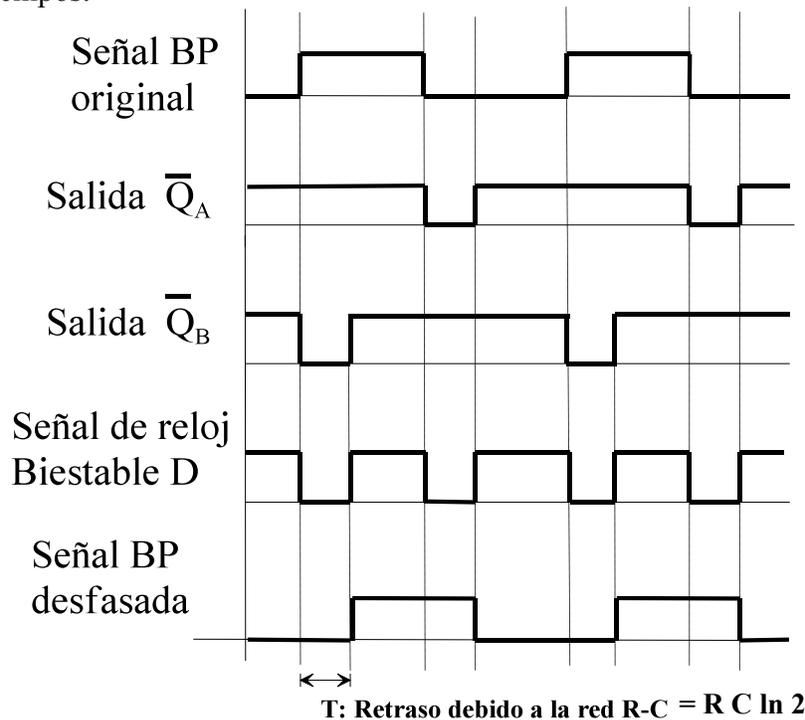
Dado que el ICL7106 dispone de convertidores A/D de $3 \frac{1}{2}$ dígitos, la salida del ICL7106 variará entre las cifras -1999 y 1999 cuando la tensión de entrada varíe entre $-1.999V$ y $1.999V$ si se selecciona un rango de $\pm 2V$. El ICL7106 proporciona como salida siete señales de segmento por dígito para las unidades, decenas y centenas (A1-B1-C1-D1-E1-F1-G1 para las unidades, A2-B2-C2-D2-E2-F2-G2 para las decenas, A3-B3-C3-D3-E3-F3-G3 para las centenas), una señal de segmento para los millares (AB4) y una señal de signo (POL).

Por último, la señal DP del circuito anterior será la que se llevará al segmento del punto digital del visualizador LCD. Dicha señal se hace coincidir con la complementaria de la señal BP para que dicho segmento permanezca siempre encendido.

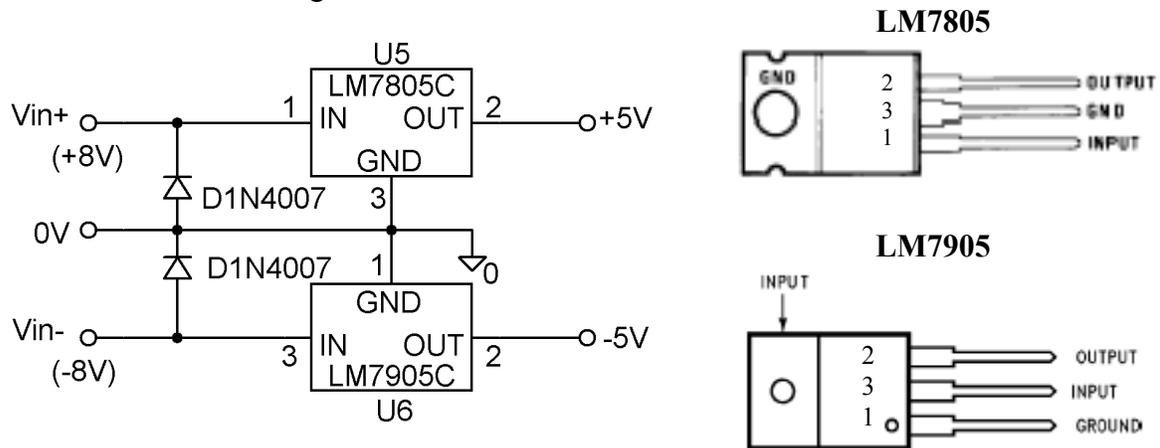
- c) **Control de contraste.** Para comprobar el comportamiento del cristal líquido se ha añadido un circuito para controlar el contraste cuyo funcionamiento es el siguiente. La señal común o de BP se conecta a dos monoestables (ambos en el circuito integrado 74LS221) cuyos tiempos metaestables se pueden variar mediante el potenciómetro R24. Un monoestable se dispara por flanco de subida y otro por flanco de bajada. Las salidas negadas (\bar{Q}) de ambos monoestables se multiplican (AND) y a continuación se conectan a la señal de reloj de un biestable D (circuito integrado 74LS74) cuya entrada D es justamente la señal BP original. En el flanco ascendente de la señal de reloj la entrada D pasa a la salida Q. El resultado es que en la salida Q del biestable tenemos la señal BP retrasada con respecto a la original en el tiempo definido por el estado metaestable del monoestable. Por tanto estaremos alterando el valor eficaz que le llega a todos los segmentos aunque el valor promedio seguirá siendo 0V.



El funcionamiento del circuito de control de contraste puede comprobarse en el siguiente diagrama de tiempos:



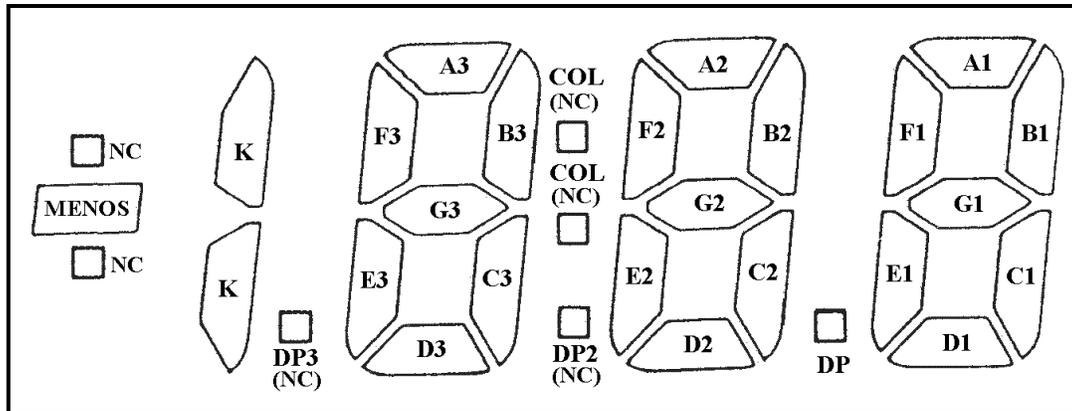
d) **Etapa de alimentación.** El circuito está provisto de una etapa de alimentación constituida por los reguladores lineales LM7805 y LM7905, con los que es posible obtener una alimentación simétrica de $\pm 5V$ a partir de tensiones simétricas superiores. Esto evita el efecto pernicioso de cualquier tipo de sobretensión a la entrada. Estos reguladores lineales poseen protección térmica, de cortocircuito y por área de seguridad. La protección ante polaridad inversa se consigue con los dos diodos 1N4007 de entrada.



e) **Visualizador LCD.** El visualizador LCD es de $3 \frac{1}{2}$ dígitos y es el LC1048 de VIKAY. Aparte de los dígitos y los signos correspondientes dispone de puntos decimales, dos puntos e indicador de flecha. Está basado en un cristal de tipo nemático girado y por tanto de alto factor de contraste. Según el fabricante la relación de contraste es de 20:1. La señal que se le aplica debe tener una componente DC menor que 50mV, mientras que la señal AC necesita de un valor RMS de 3V o más. La frecuencia también es aconsejable que sea

mayor que 50Hz para evitar parpadeos con luces de tubo fluorescentes alimentados a la tensión de red (50Hz).

A continuación se muestra sobre qué segmento del LC1048 actúa cada una de las señales de segmento del ICL7106 (NC significa sin conexión):



Resolver a continuación las siguientes cuestiones teóricas y prácticas, escribiendo el resultado de las medidas y los cálculos en el manual de laboratorio.

Cuestiones:

C1: Diseñar razonadamente los componentes del ICL7106 teniendo en cuenta las indicaciones del fabricante y fijando $f_{osc} = 48\text{kHz}$ ($f_{BP,SEG} = 60\text{ Hz}$) y la tensión de fondo de escala 2V.

C2: Teniendo en cuenta la explicación de su funcionamiento, diseñar razonadamente la red RC de los monoestables para poder generar el retraso necesario para la activación de un segmento LCD previamente desactivado.

C3: Obtener la función de transferencia del acondicionador de señal que relacione la tensión de salida y el valor de la RTD Pt100. Calcular el valor teórico de las resistencias teniendo en cuenta que la Pt100 presenta 100Ω a 0°C y 139Ω a 100°C y que deseamos una sensibilidad de $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ y 0V para 0°C .

C4: Comprobar que entre los pines I_LCD de la placa hay colocado un puente y conectar el circuito a una tensión de $\pm 8\text{V}$ y ajustar los potenciómetros R_{FE} y R_{FX} para tener un fondo de escala de 2V y una frecuencia de las señales de "Backplane" y de segmento de 60 Hz ($f_{osc} \cong 48\text{kHz}$). Para el ajuste de la frecuencia observar la forma de onda de la señal BP en TP2A.

C5: Colocar en la conexión de entrada Pt100 la caja de décadas (resistencia variable de precisión) que va a ser empleada para simular la Pt100 primero a 0°C y luego a 100°C . Con el valor de la Pt100 a 0°C ajustar el 0 del acondicionador de señal con el potenciómetro R0. Posteriormente, con el valor de la Pt100 a 100°C ajustar la ganancia para la sensibilidad requerida de $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ con el potenciómetro R100. Medir en ambos casos la salida del circuito acondicionador en el pin 7 del A.O. TL082 (U1).

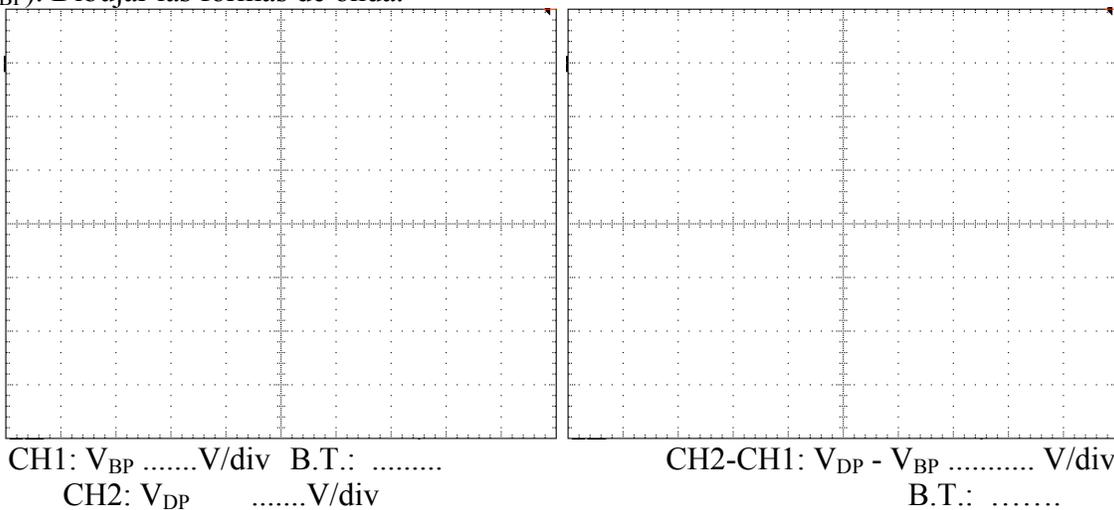
Asegurarse de que las señales BP (TP2A) y BP_Shift (TP1A) no están desfasadas y si lo estuviesen actuar sobre el potenciómetro R24 para corregir ese desfase (máximo contraste). Comprobar que el visualizador muestra la temperatura simulada con la caja de décadas.

C6: Variar el valor resistivo introducido con la caja de décadas y de esta forma determinar la resistencia que corresponde a la temperatura de 199.9°C y a -199.9°C .

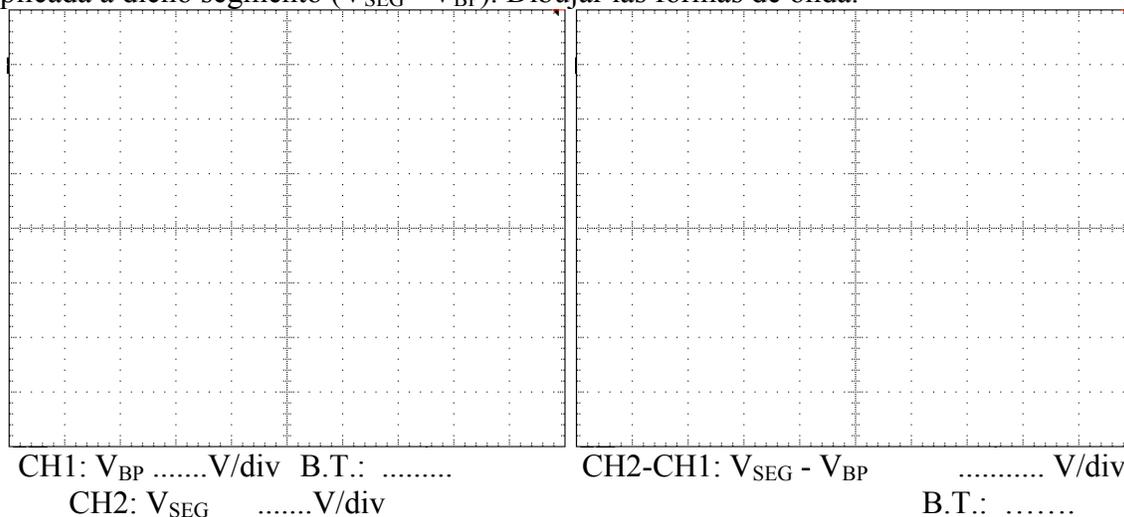
$$R_{199.9^{\circ}\text{C}} = \dots\dots\dots \Omega \qquad R_{-199.9^{\circ}\text{C}} = \dots\dots\dots \Omega$$

C7: Medir con una Pt100 la temperatura ambiente. Anotar el valor que muestra el visualizador: Temperatura = $\dots\dots\dots^{\circ}\text{C}$

C8: Con el osciloscopio observar la forma de onda de las señales BP (TP2A) y DP (TP4), esta última correspondiente al punto digital (segmento activado). Tomar nota de los niveles y frecuencia de ambas ondas. Observar la forma de onda aplicada a dicho segmento ($V_{\text{DP}} - V_{\text{BP}}$). Dibujar las formas de onda.



C9: Con el osciloscopio observar conjuntamente las formas de onda de la señal BP (TP2A) y la señal de segmento de un segmento no activado (por ejemplo el de signo menos POL, pin 20 del ICL7106). Medir los niveles de ambas ondas. Observar la forma de onda aplicada a dicho segmento ($V_{\text{SEG}} - V_{\text{BP}}$). Dibujar las formas de onda.



C10: Calcular el valor eficaz (RMS) de la señal aplicada al segmento activado DP ($V_{DP} - V_{BP}$) y la señal aplicada a un segmento no activado ($V_{SEG} - V_{BP}$). Ayuda: $V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2 dt}$

C11: Calcular el valor medio de la señal aplicada al segmento activado DP ($V_{DP} - V_{BP}$) y la señal aplicada a un segmento no activado ($V_{SEG} - V_{BP}$). Ayuda: $V_{media} = \frac{1}{T} \int_0^T v dt$

C12: Colocar una resistencia de $1k\Omega$ en lugar del puente de I_{LCD} para medir la corriente de la señal BP. Observar con el osciloscopio y de forma diferencial la tensión en bornes de la resistencia. Medir de esta forma la corriente y comprobar que es capacitiva.

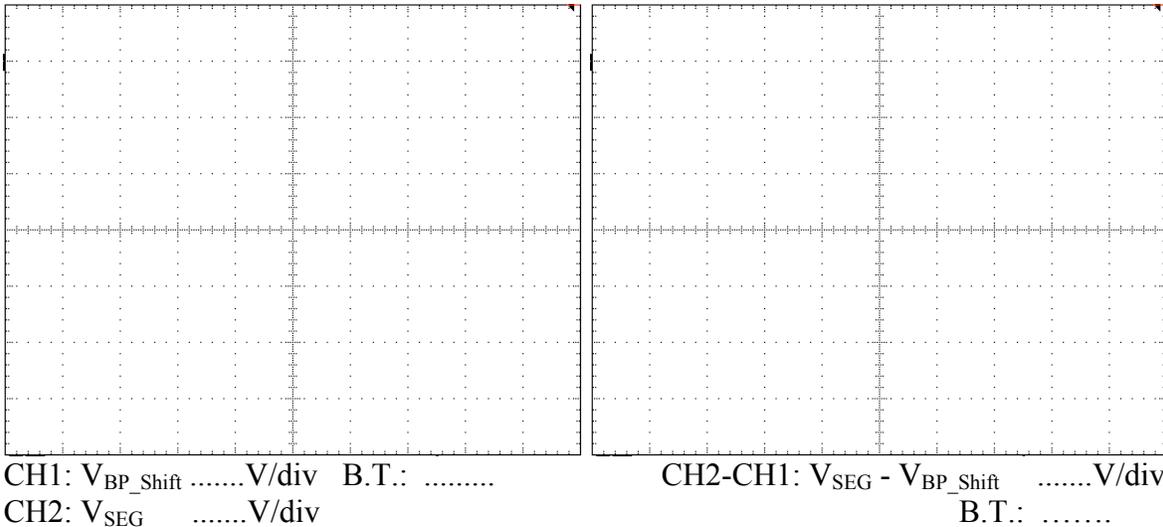
.....

.....

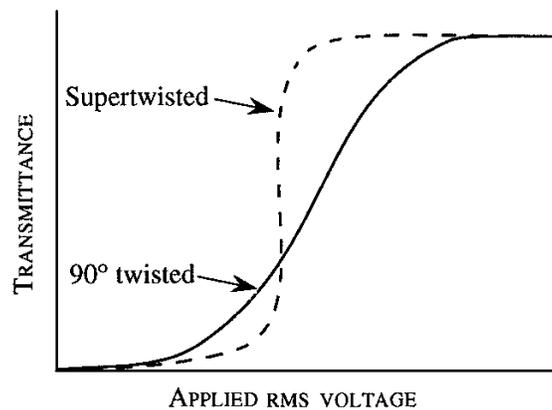
.....

.....

C13: Calcular cual es la tensión eficaz que activa un segmento LCD ($V_{SEG} - V_{BP_Shift}$). Para ello modificar el retraso haciendo uso del potenciómetro R24 hasta que se observe que un segmento inicialmente no activado empieza a activarse. En ese instante observar la forma de onda aplicada a dicho segmento ($V_{SEG} - V_{BP_Shift}$) y calcular su valor eficaz.



C14: La siguiente figura muestra la variación de la transmitancia de un segmento conforme se actúa sobre la tensión eficaz aplicada a dicho segmento para dos tipos de cristales líquidos: un cristal líquido nemático girado a 90° y un cristal líquido nemático supergirado (STN). En este último la curva de transmitancia frente a tensión eficaz es muy abrupta mientras que en el cristal líquido nemático girado a 90° el cambio es suave.



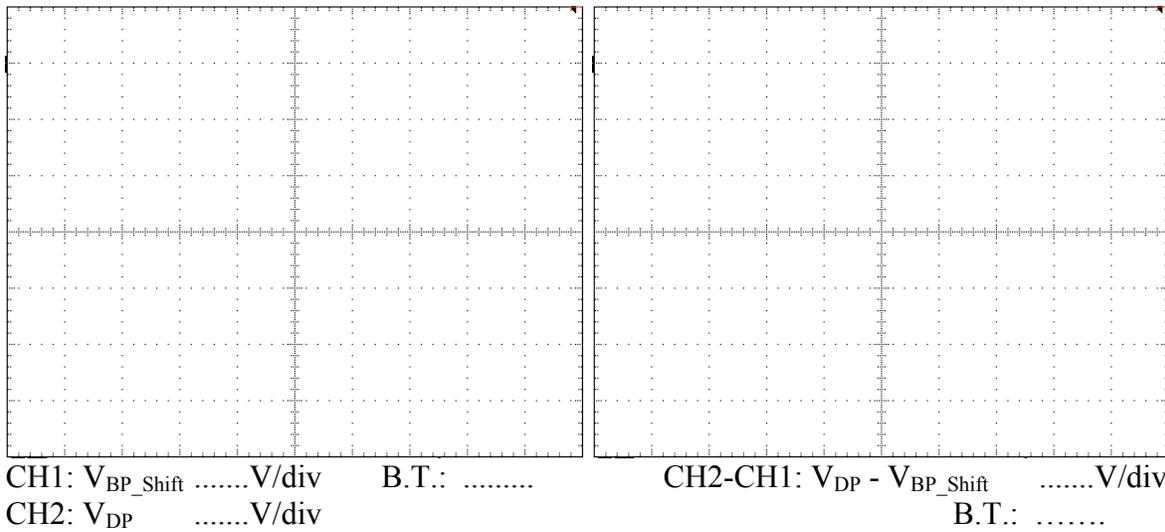
Haciendo uso del potenciómetro R24, variar el retraso de la señal BP_Shift en un segmento no activado incrementando de esta forma el valor eficaz de la señal aplicada hasta el momento de la activación del segmento. ¿El proceso de activación con la variación de la tensión eficaz aplicada es suave o brusco?

.....

Atendiendo a la respuesta a la anterior cuestión, ¿de qué tipo de cristal líquido se trata?

.....

C15: Observar el efecto del retraso en la forma de onda de la tensión aplicada a un segmento LCD activado, por ejemplo DP, ($V_{DP} - V_{BP_Shift}$). Calcular el valor eficaz de dicha forma de onda en función del retraso introducido.



Dado que el valor eficaz disminuye al incrementarse el retraso introducido, ¿por qué dicho segmento activado no llega a desactivarse?

.....

.....

.....

C16: Quitar el puente entre los pines I_LCD de la placa y comprobar el efecto de unir TP1A (BP_Shift) con o bien TP2A (BP) o bien TP4 (DP=BP). Comentar los resultados obtenidos.

.....

.....

.....

.....

.....

.....