FFT PRACTICAS

EEES ("Bolonia") prometía menos temario en las asignaturas, para darlo con más profundidad, más prácticas para afianzar los conocimientos teóricos. El temario de esta asignatura tenía asignado 12 créditos, y se repartía en dos asignaturas, al final se ha quedado en una asignatura de 6 créditos, pero conservando el mismo temario. Los "hábiles" negociadores no redujeron el temario a la correspondiente pérdida de créditos. Antes, con menos alumnos, teníamos más grupos de prácticas por grupo de teoría, y además las horas de prácticas por grupo han sido reducidas a la mitad. Todo esto supone una pérdida de prácticas, en horas y en calidad. La Comisión de Titulación de Informática toma las decisiones sobre esta asignatura sin preocuparse de las consecuencias, y sin oir a los profesores que la imparten, como preceptúa "Bolonia".

Atención:

— En la práctica 3 es **imprescindible** llevar un disquete **que funcione** para tomar los datos numéricos del osciloscopio.

— En las prácticas 5 y 6 es muy conveniente usar disquete o una cámara de fotos que dé buen resultado (fotos bien enfocadas y con los datos numéricos perfectamente visibles).

— Con el nuevo diseño de horarios, se nos ha hecho muy complicado dar Spice, por tanto, no se exige en este curso.

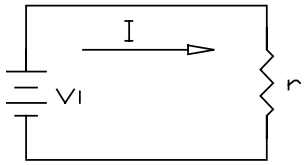
1. MANEJO DEL POLIMETRO. MEDIDAS EN CONTINUA

A) Cuestiones teóricas

Fuente de Tensión

Una fuente de tensión ideal es un elemento que proporciona una tensión fija entre sus dos terminales. En el laboratorio se disponen de fuentes de +15V, -15V y +5V. Estas fuentes tienen una limitación de corriente de 0,5 y 1A; si se superan estos valores, se pueden destruir componentes de la fuente.

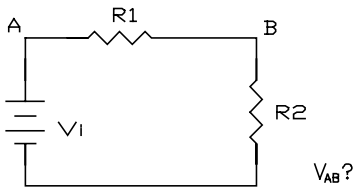
➢ Calcular la resistencia mínima que se puede colocar en los extremos de la fuente de tensión, para que la corriente I que circula por el circuito sea menor que 1A (para V_i=5V) o menor que 0,5A (para V_i=15V). ¿Por qué no se debe utilizar una resistencia menor que la calculada?



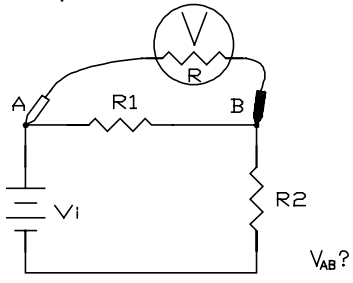
Medida de tensiones

Se utiliza un polímetro en la función de voltímetro. Para obtener la caída de tensión entre dos puntos de un circuito, basta colocar los dos terminales del voltímetro en los dos puntos del circuito. El voltímetro presenta una resistencia interna R, que al colocar en paralelo sobre los elementos del circuito, hace que el funcionamiento del circuito cambie.

➢ ¿Cómo debe ser esta resistencia R, para que el circuito no sea modificado por el voltímetro?



Antes de conectar el Voltimetro.

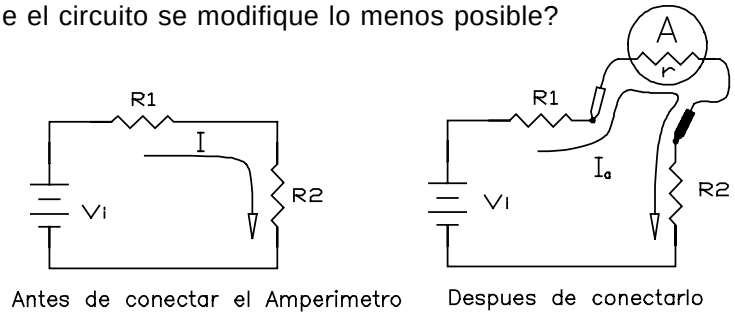


Despues de conectarlo

Medida de intensidad

Se utiliza un polímetro en función de amperímetro. Este aparato se debe conectar SIEMPRE en SERIE con aquella rama del circuito en la que se quiere conocer la intensidad (en caso de duda consultar al profesor). Entre los dos terminales, el amperímetro puede representarse como una resistencia, ésta modifica el circuito al realizar la medida.

➢ ¿Cómo debe ser la resistencia r, para que el circuito se modifique lo menos posible?



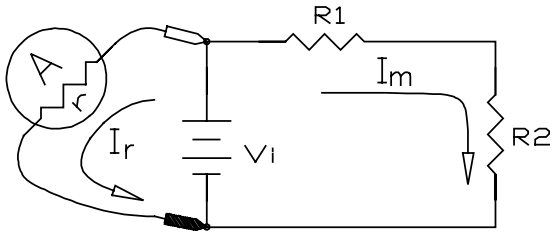
Antes de conectar el Amperimetro Despues de conectarlo

Si el fabricante advierte que el amperímetro no puede soportar corrientes mayores que 0,2A:

➢ ¿Qué ocurre si se desea medir la corriente que circula por el circuito anterior, y por error, se hace como en la siguiente figura? ¡No lo hagáis! Es una cuestión teórica.

➢ ¿Qué corriente circularía por el amperímetro?

$R_1=R_2=1k\Omega$ $r=5\Omega$ $V_i=5V$



Medida de resistencias

Se utiliza un polímetro en la función de óhmetro. Se colocan en paralelo los dos terminales del polímetro sobre los extremos de la resistencia o agrupación de ellas que se desee medir.

Nunca se deben medir resistencias cuando formen parte de un circuito, desconectar siempre la agrupación del resto del circuito.

➢ ¿Por qué debe hacerse así?

B) Resistencias y medidas en continua

Valor nominal y valor medido.

➢ Coger 6 resistencias y crear una tabla con los valores medidos de las resistencias. Compararlos con con el valor nominal dado por el código de colores y comprobar que los valores medidos están dentro de la tolerancia especificada por el fabricante.

➢ Para el montaje del siguiente circuito, es conveniente que R_6 no sea muy grande, por ejemplo, que su valor sea parecido o algo menor que el de R_5.

Agrupación de resistencias. Medidas en un circuito.

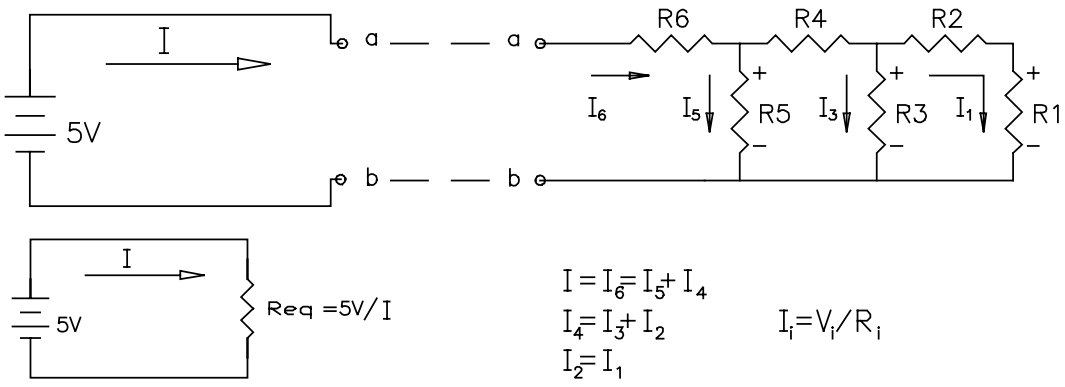
Se ha de montar la agrupación de 6 resistencias (parte derecha de la figura).

① Calcular teóricamente (con los valores medidos de las resistencias) el valor de la agrupación.

② Medir con el óhmetro la resistencia equivalente de la agrupación de resistencias.

③ **Posteriormente**, a la agrupación se le conecta una fuente de tensión de continua (en la figura aparece de 5 V, pero puede ser de otro valor). Medir la intensidad que entra a la agrupación de resistencias ($I=I_6$ en la figura). La resistencia equivalente será el cociente de 5V y la intensidad medida I ($R_{eq}=5V/I$).

➢ Finalmente, medir la diferencia de potencial en las resistencias R_1, R_3 y R_5 (V_{R1}, V_{R3} y V_{R5}). Comprobar teóricamente que los resultados de V_{R1}, V_{R3} y V_{R5} son correctos.



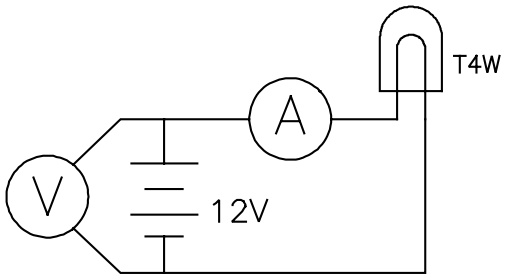
C) Cálculo del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura (α).

Sabemos que el valor de una resistencia cambia con la temperatura. Una fórmula aproximada que describe dicha variación es $R(T)=R(T_0)\cdot[1+\alpha(T-T_0)]$. Esta fórmula la vamos a utilizar para calcular el coeficiente de temperatura (α) para el wolframio (el metal del filamento de las bombillas).

Primero se mide con el óhmetro la resistencia $R(T_0)$ de una bombilla T4W a temperatura ambiente (suponer T_0=295,15 K, que corresponde a 22°C). Luego se conecta la bombilla a 12 V, se mide la tensión V, y se mide la intensidad entrante con un amperímetro como en la figura, o mejor aún, tomar la corriente consumida de la pantalla de la propia fuente. El cociente V/I será el valor de R(T). Falta calcular la temperatura T, para eso utilizaremos la Ley de Stefan (ver recuadro). Si la temperatura T es mucho mayor que la temperatura ambiente (¡comprobarlo!) la potencia electromagnética radiada (P) es aproximadamente igual a la potencia eléctrica consumida por la bombilla (es decir $P\cong I\cdot V$). Tras haber calculado T, podemos despejar el valor del coeficiente de temperatura α.

Comparar el valor obtenido de α con el proporcionado por otra fuente (libros, internet, etc.). Citar la fuente.

Calcular la longitud de onda λ_{MAX} a la cual, la bombilla emite la máxima radiación. Utilizar la Ley del desplazamiento de Wien (ver recuadro). ¿A qué "color" corresponde λ_{MAX}?



Ley de Stefan: $\mathbf{P = e \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4}$

P es la potencia electromagnética radiada (en vatios), e es el coeficiente de emisividad (sin unidades), σ es la constante de Stefan-Boltzmann [$\sigma=5{,}6704\cdot10^{-8}$ W/($m^2\cdot K^4$)], A es el área de la superficie radiante (en m^2) y T la temperatura (en K).

Para el wolframio $e\cong0{,}43$, pero el filamento de las bombillas se fabrica para que sea $e\cong1$, por tanto tomamos e=1. El área superficial del filamento de una bombilla de 4W es aproximadamente $2{,}6\cdot10^{-6}m^2$.

La temperatura debería salir inferior a la de fusión (3.410° C), pero también inferior a 2.500° C, ya que las bombillas se diseñan para no superar esa temperatura, pues por encima de 2.500° C el wolframio se sublima rápidamente.

Ley del desplazamiento de Wien: $\mathbf{\lambda_{MAX}\cdot T = 2.897.768{,}5\ nm\cdot K}$

Con esta ley, y conociendo la temperatura de la superficie radiante, se puede calcular la longitud de onda en la cual se produce la máxima emisión de radiación (λ_{MAX}).

La ley de Stefan y la del desplazamiento de Wien, se conocían en 1900 de forma empírica y no podían deducirse desde la Física Clásica. Justamente estas dos fórmulas obligaron a los físicos a desarrollar la Física Cuántica.

2 ALTERNA. AMPLIFICADOR OPERACIONAL. DIAGRAMA DE BODE

Indicaciones sobre el osciloscopio digital del laboratorio

[Run/Stop] En modo Run (verde) se toman muestras continuamente y se superponen unas sobre otras en la pantalla. En “Stop” (rojo) no se toman muestras, la pantalla no cambia.

[Single] Al pulsar, se espera el evento de disparo, y es entonces cuando se toman todas las muestras que quepan en memoria (también se muestran datos anteriores al disparo).

DISPARO (“Trigger”):

Selecciona la señal y el modo de disparo. La señal de disparo es una señal auxiliar que sirve para desencadenar la toma de datos y su representación en pantalla.

[Mode/Coupling] Poner el modo de disparo en “Auto”. No dejar en modo “Normal”, ya que en determinadas situaciones (cuando no hay disparo) se puede confundir el usuario.

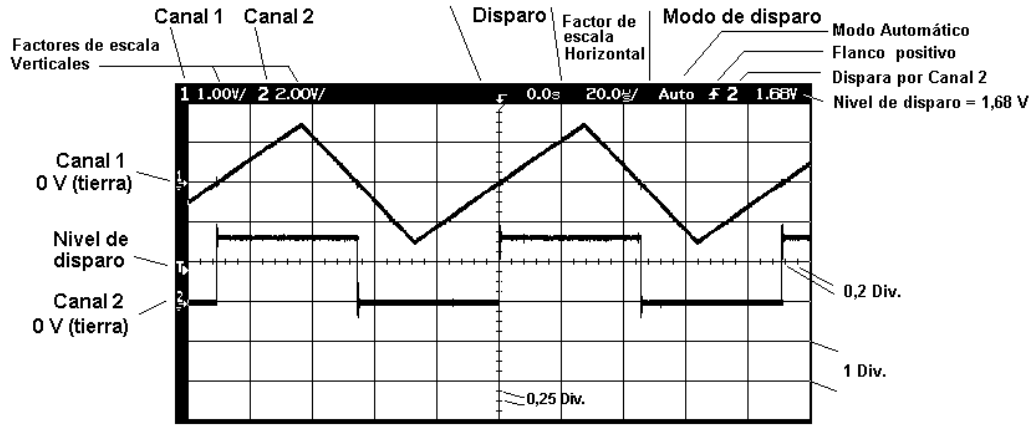
[Edge] Permite seleccionar como señal de disparo la del Canal 1, la del Canal 2, la de la red eléctrica o una señal exterior (cada señal por su conector correspondiente). También se elige si el evento de disparo (cuando recibe la orden de mostrar en pantalla las medidas tomadas) se hará cuando la señal de disparo suba (flanco positivo) o baje (flanco negativo).

[Acquire] Selecciona “Normal” o “Average”. Si se usa “Average” se hace la media de varias medidas (útil para reducir ruidos). No usar más de 16 medidas para hacer la media. “Average” afecta también a [Single]. Average-1 hace un suavizado utilizando todas las muestras de una medida.

[Save/Recall]-[Default-Setup] Recupera el estado de fábrica del osciloscopio (útil, si el anterior usuario lo ha dejado en un estado extraño).

[Save/Recall]-[Formats] o en [Utility]-[PrintConf] Se escogen los formatos de salida de las imágenes de pantalla. Las imágenes o capturas se obtienen pulsando [Quickprint]. Los formatos interesantes son BMP (bitmap sin comprimir, 180k aprox.), TIF (bitmap comprimido, 90k aprox.), y CSV (datos numéricos para meter en un programa graficador, en una hoja de cálculo o bien simplemente para operar con ellos). Activando [Factors] se añade un fichero de texto con los factores de escala (en formato numérico) utilizados en las gráficas actuales. Todo se graba en disquete.

Informaciones mostradas en una pantalla típica:



A) Medidas en Alterna

Medir con el osciloscopio la amplitud, periodo y frecuencia de, al menos, dos señales generadas por el oscilador. Las señales deben ser distintas en su forma de onda, sus amplitudes y frecuencias.

➢ Se deben anotar las medidas (forma, amplitud, periodo, frecuencia) de las formas de onda que se han medido. En el osciloscopio digital, se pueden tomar medidas de tres formas distintas:

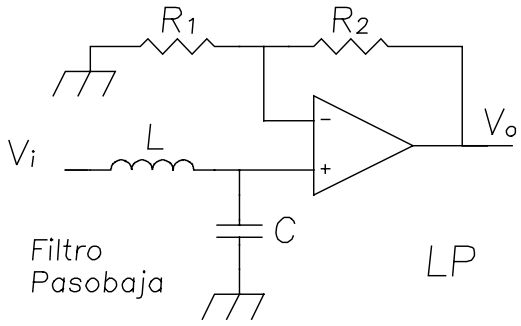
- midiendo divisiones y multiplicando por el factor de escala.
- midiendo con los cursores.
- dejando al osciloscopio que mida automáticamente (en ciertos casos la medida puede no ser válida).

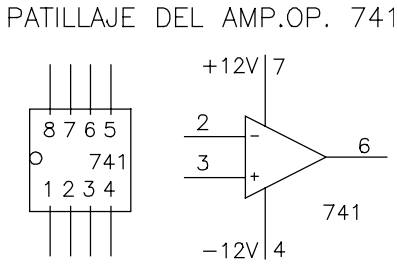
En el trabajo de prácticas debería aparecer una tabla con medidas, similar a la siguiente. No intente reproducir los valores numéricos de la tabla; es imposible.:

		Señal: ⩘		⎍
	FUENTE SEÑAL	Amplitud Periodo Frecuencia	2 V 1 ms 1 kHz	
OSCILOSCOPIO	DIVISIONES	Amplitud Periodo Frecuencia	4div x 0,5V/div = 2V 10div x 0,1ms/div = 1ms 1 kHz	
	CURSORES	Amplitud Periodo Frecuencia	1,98 V 1,02 ms 980,4 Hz	
	AUTOMATICO	Amplitud Periodo Frecuencia	1,977 V 1,024 ms 976,6 Hz	

B) Filtro con amplificador operacional. Diagrama de Bode

➢ Construir el filtro pasobaja (LP) que se muestra en la figura. La ganancia es $k=(1+R_2/R_1)=2$ (usar dos resistencias iguales). La frecuencia de corte del filtro (f_c) se calculará como $1/[2\pi\cdot\sqrt{(LC)}]$ tras haber medido el condensador y el inductor elegidos. Es recomendable que f_c esté por debajo de 80 kHz.





$$T(s)=\frac{V_o}{V_i}\cong\frac{k}{LCs^2+R_sCs+1}=\frac{k}{s^2/\omega_c^2+2\delta\, s/\omega_c+1}$$

$$k=1+\frac{R_2}{R_1}\;;\;\omega_c=2\pi f_c=\frac{1}{\sqrt{LC}}\;;\;\delta=\frac{\sqrt{1-\sqrt{1-1/h^2}}}{2}\;;\;R_s=2\delta\sqrt{\frac{L}{C}}$$

➢ Antes de comenzar a medir, comprobar:

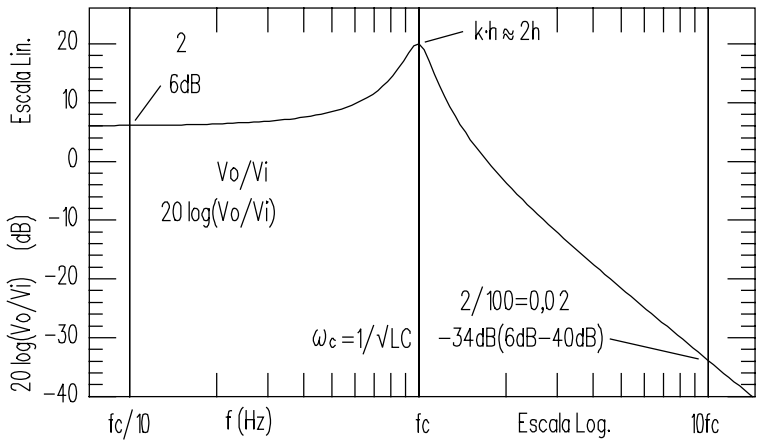
- La ganancia a bajas frecuencias $k=(1+R_2/R_1)$ debería estar cercana a 2 (6 dB).
- La frecuencia de corte calculada $f_c=1/[\,2\pi\cdot\sqrt{(LC)}\,]$ está próxima a la zona en la que V_o es máxima y V_i es mínima.
- La ganancia a $10\cdot f_c$ en el filtro pasobaja debería salir aproximadamente igual a $k/100\cong 2/100=0{,}02$; es decir -34 dB, que es 40 dB menos que la máxima ganancia de 6 dB.

➢ **Diagrama de Bode:**

− Medir f, V_i y V_o desde $f_c/10$ hasta $10\cdot f_c$. Tomar aproximadamente 30 puntos de medida.
− Dar una tabla con las medidas de frecuencia, V_i, V_o, V_o/V_i y $20\cdot\log(V_o/V_i)$.
− Hacer el diagrama de Bode en módulo. No olvidar que el eje horizontal es logarítmico.
− Dar una tabla con las medidas de: L , C , f_c , h , δ y R_s $\quad[h=(V_o/V_i)_{MAX}\,/\,k]$.

∗ Dependiendo del condensador e inductor elegidos, se puede tener una frecuencia de corte f_c alta y un pico de gran ganancia cerca de f_c. Entonces, es posible que se vea una tensión de salida V_o aplanada, o con forma triangular cerca de la zona de f_c. Si así sucediera, reducir el valor de la amplitud de entrada V_i. El producto $2\cdot h\cdot V_i\cdot(2\pi f)$ debe ser menor que el SR del Amp.Op (uA741: 0,5V/µs TL071: 16V/µs).

∗ Cerca de $10\cdot f_c$ la ganancia es muy pequeña (~0,02). En esa zona puede ser útil subir la amplitud de V_i, y poner "average=4".

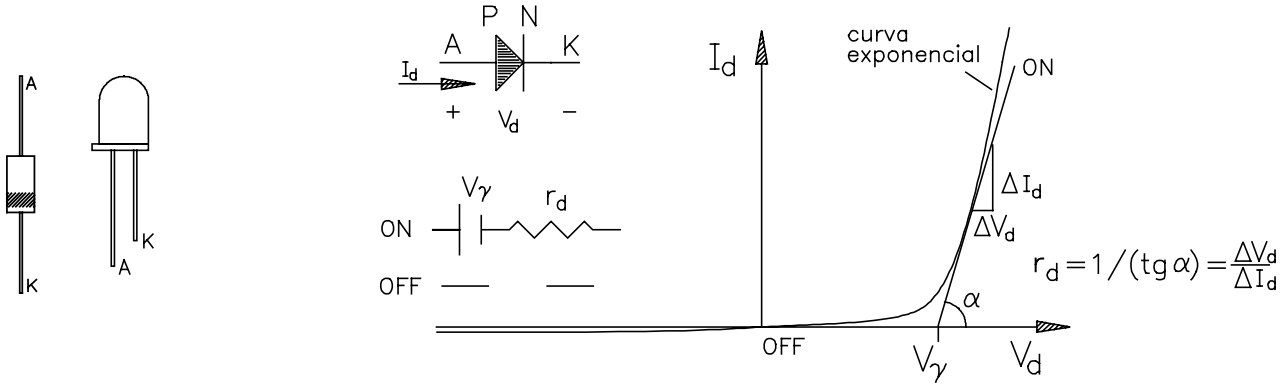


3 DIODO. UNION PN

El funcionamiento del diodo, a corrientes no muy altas, se describe con una ecuación exponencial:

$$I_d = I_s\left(e^{\frac{q V_d}{\eta k T}} - 1\right) \qquad \text{si } V_d >> \eta\frac{kT}{q} : I_d \approx I_s e^{\frac{q V_d}{\eta k T}} \qquad \text{si } V_d << 0 : I_d \approx -I_s$$

donde I_d y V_d son la corriente y tensión en el diodo, I_s es la corriente inversa de saturación, q el valor absoluto de la carga del electrón, k la constante de Boltzmann, y T la temperatura absoluta. El factor de idealidad η aparece debido a corrientes de generación-recombinación en la zona de carga espacial. Aunque η depende del punto de operación, se suele tomar como un promedio. En diodos de silicio y LED, η suele estar próximo a 2. A corrientes muy altas, la resistencia serie del propio diodo influye en obtener un η por encima de 2.



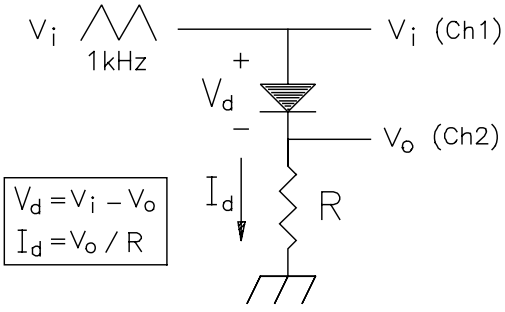
Como la corriente depende exponencialmente con V_d, se observa que el comportamiento del diodo tiene dos tramos muy diferenciados: Por debajo de la tensión umbral V_γ el diodo apenas conduce (OFF), y por encima el crecimiento de la corriente es muy rápido (ON). El resultado es que se puede utilizar un modelo lineal para el diodo, que sigue aproximadamente la curva exponencial. En esta práctica se obtendrán sólo los parámetros del modelo lineal del diodo.

A) Polarización directa. Tensión umbral (V_γ) y resistencia dinámica (r_d)

Lo descrito en este apartado se hará con 3 ó 4 diodos, procurando que tengan una tensión umbral lo más distinta posible.

➢ Medir la tensión umbral V_γ con el polímetro. Apuntar su valor en una tabla similar a la que aparece al final de este apartado.

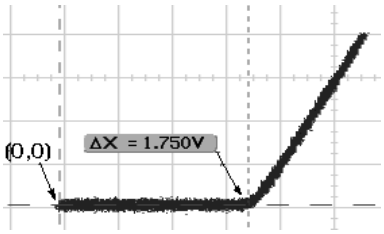
➢ Montar el circuito de la figura con R=120 Ω. Se conecta en V_i el canal 1 del osciloscopio y en V_o el canal 2. Una onda triangular de frecuencia 1 kHz se conecta en V_i. La tensión de esta onda deberá variar entre 0 V y 5 V (6 V si V_γ es mayor que 1,5V) . Comprobar que en modo XY, en la pantalla se ve una aproximación de la curva I-V de un diodo.



Antes de capturar los datos con el osciloscopio, comprobar:

- El osciloscopio debe estar en [Acquire]-[Normal] para que no haga ningún tipo de media.
- Los circuitos limitadores de ruido están encendidos en los dos canales. BW-Limit debe estar en ON.
- La longitud del fichero CSV debe ser de 1.000 puntos.

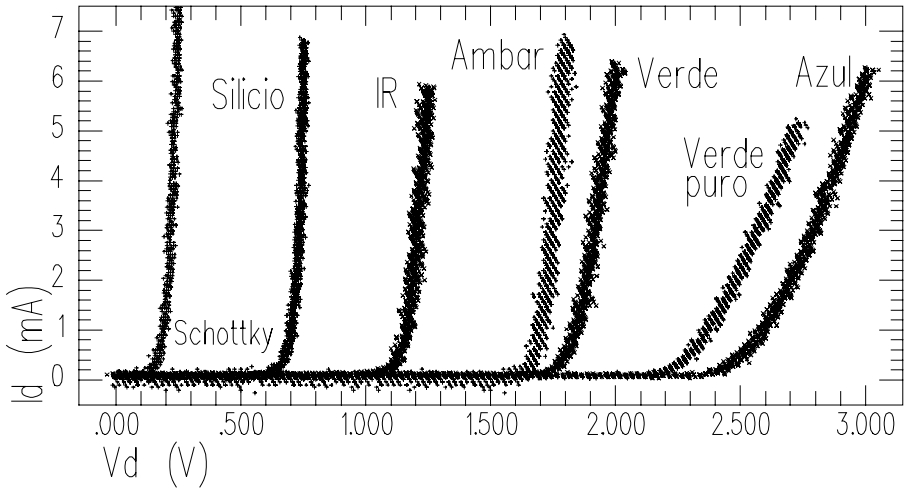
➢ En el osciloscopio se debe medir la tensión umbral V_γ como se indica en la figura de la derecha, y se apunta en la columna correspondiente de la tabla.



➢ Hacer una captura de los datos numéricos de los canales **¡en formato CSV!** para cada diodo.

➢ Posteriormente, en casa, y con una hoja de cálculo, se debe realizar una gráfica con los datos (CSV) de los diodos. (En la gráfica de muestra se han incluido más diodos de los necesarios.)

Cálculo de I_d y V_d:
No olvidar poner R en kΩ
$I_d=V_{Ch2}/R$
$V_d=V_{Ch1}-V_{Ch2}$



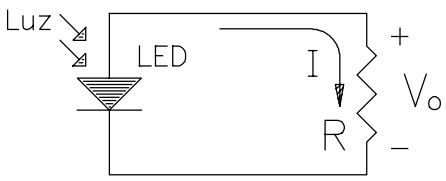
- Encontrar, para cada diodo, el valor máximo (aproximado) de I_d y V_d. Con ellos, y V_γ, se puede calcular la resistencia r_d: $r_d = (V_{d\text{-}max}-V_\gamma)/I_{d\text{-}max}$. r_d debe estar en ohmios).

Diodo:	V_γ (V) (polímetro)	V_γ (V) (osciloscopio)	$V_{d\text{-}max}$ (V)	$I_{d\text{-}max}$ (mA)	r_d (Ω)

B) Diodo sin polarización, funcionando como célula fotovoltaica

Con un LED (preferentemente verde o de encapsulado transparente), y luego con un fotodiodo, montar el circuito de la figura, que no tiene polarización aplicada. Mida con el voltímetro la tensión V_O, y verá que es mayor cuanto mayor sea la intensidad luminosa incidente en el LED. Parte de la potencia generada en el LED se pierde en el propio LED.

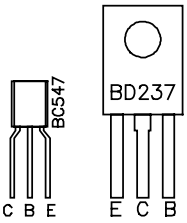
A la máxima iluminación posible, mida V_o, y calcule la intensidad I y la potencia consumida en la resistencia ($P= I\cdot V_O = V_O^2/R$).



Compare las medidas V_O, I y P de ambos diodos. Explique las causas de que unas medidas sean mayores o menores según el diodo usado.

Valor de R: Con el Led e iluminación baja, 1 MΩ; con iluminación fuerte 500 kΩ, e incluso menos de 100kΩ. Con el fotodiodo e iluminación débil, 30 kΩ; con iluminación intensa, incluso 150 Ω.

4. TRANSISTOR BIPOLAR DE UNION

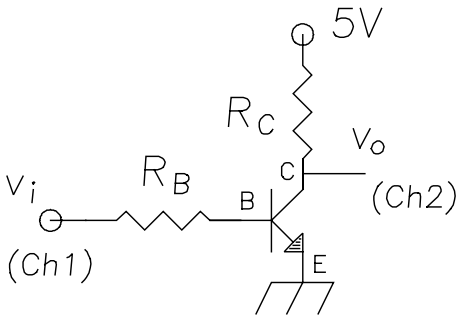


Montaje amplificador básico. Cálculo de la ganancia

Con el polímetro, mida β (β_F) del transistor que va a usarse en la práctica. En zona activa directa, β (β_F) es casi igual al valor de h_{FE} que se puede medir con el polímetro.

La señal de entrada v_i es amplificada por el circuito, y la tenemos en v_o.

En v_i deberá ponerse la fuente de señal senoidal (1kHz aprox.) con un valor de tensión de pico a pico de 0,2V y un valor de continua (offset) regulable (a este valor le llamamos V_{DC}). Empezar las pruebas con un valor de V_{DC} = 1 V.



Se medirá con el osciloscopio la amplitud (de pico a pico) de v_i y de v_o. A partir de ahí, la ganancia se calcula como v_o/v_i.

R_B = 220 kΩ
R_C = 2,7 kΩ

En el osciloscopio poner los dos canales en modo AC y disparar por Ch1. En [Trigger]-[Mode] poner "Noise Reject" y "HF Reject". Es recomendable usar las medidas automáticas del osciloscopio, por eso conviene tener el disparo (trigger) bien configurado. Una vez que el montaje esté listo para medir, poner Average=4.

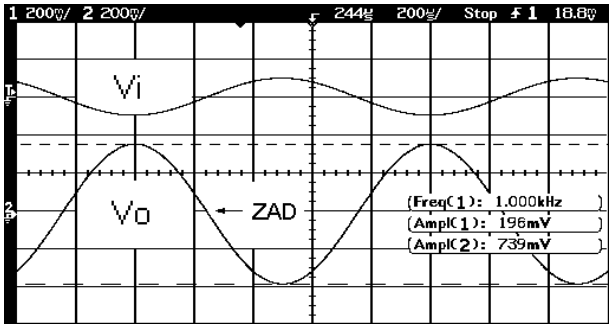
Deberá hacerse una tabla con V_{DC}, v_i, v_o, y la ganancia v_o/v_i (al menos 15 medidas). Se remarcarán las tres filas correspondientes a la frontera Corte-Z.A.D, a la máxima ganancia (en Z.A.D), y a la frontera Z.A.D-Saturación. Además se hará una gráfica que represente la ganancia v_o/v_i, frente a V_{DC}. Entregar, al menos, tres imágenes que muestren la frontera Corte-ZAD, la máxima ganancia v_o/v_i, y la frontera ZAD-Saturación.

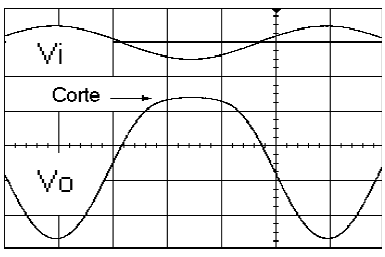
La frontera de Z.A.D con Corte se encuentra en un V_{DC} algo menor que 0,60 V.

La frontera de Z.A.D con Saturación depende mucho del valor de β_F, y V_{DC} puede estar entre 1,2 y 2,4 V.

Ejemplo:

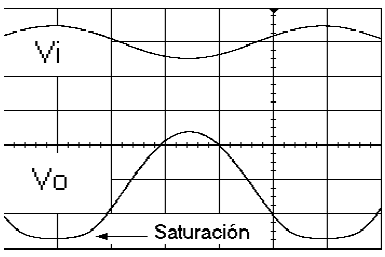
En la gráfica de la derecha la amplitud de entrada es de 196 mV, y la de salida es de 739 mV, por tanto la ganancia (v_o/v_i) es de 3,77. La senoidal de salida v_o se ve sin ningún recorte o deformación, es decir no hemos entrado en saturación, toda la onda se mueve en la zona activa directa.





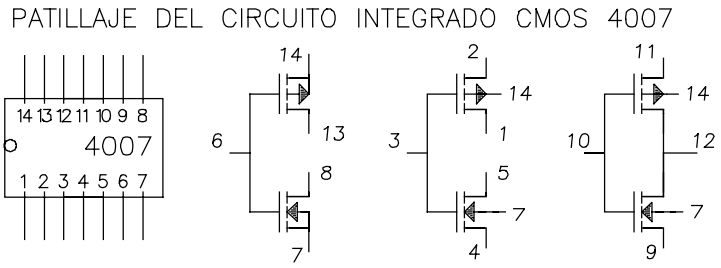
En la figura de la izquierda se ve, en la señal de salida v_o, la frontera entre la zona de Corte y ZAD.

En la imagen de la derecha, se ve que parte de v_o se deforma por entrar en la zona de Saturación.



5 FAMILIAS LOGICAS: CMOS

En el circuito integrado 4007 se tienen tres mosfet de canal n y tres de canal p, por tanto se pueden construir distintas variantes de puertas CMOS. Al hacer la práctica, se debe apuntar el valor de la alimentación usada en la práctica (V_{CC}).



A) Puerta NOT CMOS

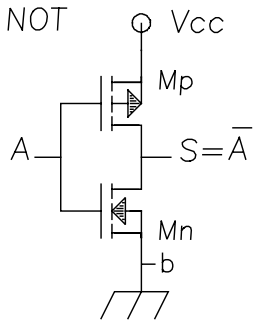
① Construir la puerta NOT. Comprobar que los niveles de tensión de la tabla de verdad son correctos.

② Apuntar la máxima frecuencia de trabajo admisible.

③ Con una señal triangular (~1 kHz), medir la tensión umbral (V_T).

④ Con la anterior señal triangular, poner el modo XY del osciloscopio (Ch1 en A, Ch2 en S). Dibujar la función de transferencia.

⑤ Añadir una resistencia de bajo valor (~100 Ω) entre b y tierra. Con el osciloscopio en modo XY (Ch1 en A, Ch2 en b) dibujar la gráfica de consumo de la puerta CMOS.



B) Memoria CMOS

Este circuito sólo necesitará el polímetro, que se utilizará para medir las salidas S y S'. La conmutación de la entrada A, se hace manualmente, conectando A a "1" (Vcc) o a "0" (0V). Es recomendable usar cables largos en A (=S) y en S' para tener un manejo cómodo.

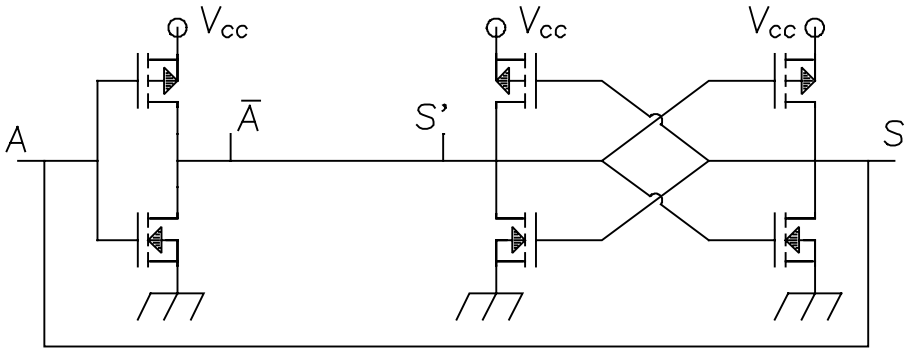
① Montar la célula de memoria CMOS de la figura, con entrada A y salidas S' y S.

② Con A=0, comprobar que las salidas S' y S son correctas. Desconectar A y comprobar que S' y S se mantienen en sus valores correctos.

③ Con A=1, comprobar que las salidas S' y S son correctas. Desconectar A y comprobar que S' y S se mantienen en sus valores correctos.

Consejos:

- Que no pasen cables por encima del C.I. 4007, ya que basta con que éste tenga un mosfet estropeado para que el montaje no funcione y haya que cambiar el chip.
- Use cables con colores iguales o parecidos en todas las conexiones que compartan tensión. Por ejemplo, rojo para todas las Vcc, negro para todas las tierras, verde para todas las S=A, etc. (sólo debería haber cuatro colores).
- Al final debe tenerse accesibles los cables (que sean largos) de la entrada A, la salida S' y la salida S (que es igual a A).
- Es más cómodo dejar fijo el común (negro) del polímetro a tierra.

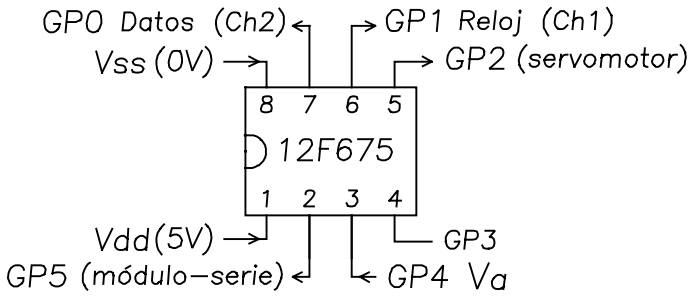


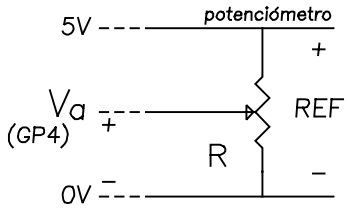
6 CONVERSOR ANALOGICO-DIGITAL. Transmisión de datos en serie

Se utilizará un microcontrolador PIC12F675. Un microcontrolador es un ordenador contenido en un único chip, capaz de controlar totalmente tareas básicas. El PIC hará la conversión numérica de una tensión de entrada analógica (V_a) en GP4, usando su conversor analógico-digital (ADC) de 10 bits, pero sólo usaremos los 8 bits más significactivos, con el objetivo de simplificar la práctica. Por eso, la fórmula tiene un LSB/8, y no un LSB/2.

Luego, se transmitirán los 8 bits de la palabra numérica por la línea de datos (GP0). La transmisión se hará en serie, de forma asíncrona (sin reloj) usando los protocolos "1-Línea", "TTL-232" y "Manchester" y de forma síncrona (con la señal de reloj en GP1) usando los protocolos "SPI-01" e "I^2C".

Finalmente hay una parte opcional, que se podrá hacer en función de la disponibilidad que se tenga.





Montaje:

- La alimentación del circuito se hace poniendo V_{DD} a 5 V y V_{SS} a tierra. Entre estos dos terminales se conecta un condensador de unos 100 nF. Conectar los dos terminales extremos del potenciómetro a 5V y a tierra. Conectar el terminal intermedio a GP4 (V_a). Así, variando el potenciómetro, se tendrán tensiones variables entre 0 y 5V, en V_a (GP4).

- La tensión de referencia (REF) está conectada internamente a V_{DD}. La tensión de referencia es la máxima tensión a digitalizar, que en este caso es la alimentación (5 V), y se debe medir con precisión. En esta práctica es muy importante medir todas las tensiones con la máxima precisión, y usar el polímetro con escalas 200mV-2V-20V (el Promax amarillo).

- Los 8 bits de la palabra numérica se entregan en serie en el terminal GP0. La salida de reloj está en el terminal GP1. El canal 1 y el canal 2 del osciloscopio se conectan a las patas GP1 y GP0 respectivamente. La fuente del disparo debe ser el canal del reloj (Ch1). El disparo se pone en modo normal, y para que detecte el flanco ascendente del canal 1 (Ch1).

Medidas:

Se debe tomar al menos una imagen para cada protocolo ("1-Línea", "TTL-232", "Manchester", "SPI-01", "I^2C") y al menos 3 medidas de 3 protocolos distintos.

1. Medir la tensión de alimentación V_{DD} de forma muy precisa, ya que es la tensión de referencia (REF) y calcular el valor del LSB (LSB= REF / 256).

2. Para cada tensión analógica (V_a):
   - se mide, de forma muy precisa, la tensión de entrada analógica V_a.
   - se captura en un disquete la imagen (tif) del osciloscopio (datos y reloj).
   - se extrae de la imagen, la palabra numérica (en binario) y se convierte a decimal.
   - se comprueba que la palabra digital se corresponde con el valor teórico dado por la siguiente ecuación (E= función parte entera, Min= función mínimo):

$$Num(V_a) = Min\left[E\left(\frac{V_a + LSB/8}{LSB} \right), 255 \right]$$

Ejemplos:

La práctica se ha diseñado para que sea muy robusta, incluso cuando la temperatura del PIC sube ligeramente. Pero podrá haber gran error entre el resultado de la fórmula, Num(V_a), y el número obtenido de la imagen del osciloscopio si la temperatura sube mucho o si el chip se ha estropeado. En mis pruebas, he comprobado que puede aparecer un error de un bit, debido a las mediciones de las tensiones. **Es importantísimo medir con precisión todas las tensiones, y hacer los cálculos sin ningún error ni redondeo.**

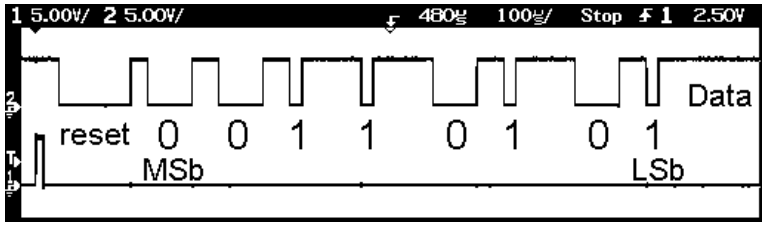
1-Línea (asíncrono):

REF= 5,026 V → LSB= 5,026/256 V

Fórmula: V_a= 1,0402 V → Num(V_a)= 53

Imagen: 0011 0101 → 53

Funcionamiento perfecto, pues los valores decimales son iguales.



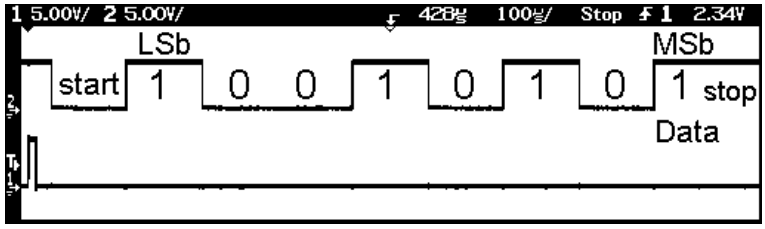
TTL-232 (asíncrono):

REF= 5,025 V → LSB= 5,025/256 V

Fórmula: V_a= 3,320 V → Num(V_a)= 169

Imagen: 1010 1001 → 169

Funcionamiento perfecto, pues los valores decimales son iguales.



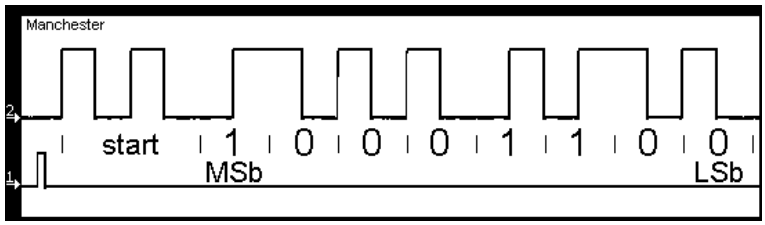
Código Manchester (asíncrono):

REF= 4,93 V → LSB= 4,93/256 V

Fórmula: V_a= 2,70 V → Num(V_a)= 140

Imagen: 1000 1100 → 140

Funcionamiento perfecto, pues los valores decimales son iguales.



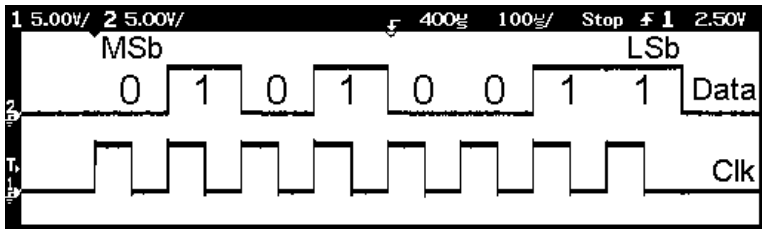
SPI-01 (síncrono):

REF= 5,026 V → LSB= 5,026/256 V

Fórmula: V_a= 1,6260 V → Num(V_a)= 83

Imagen: 0101 0011 → 83

Funcionamiento perfecto, pues los valores decimales son iguales.



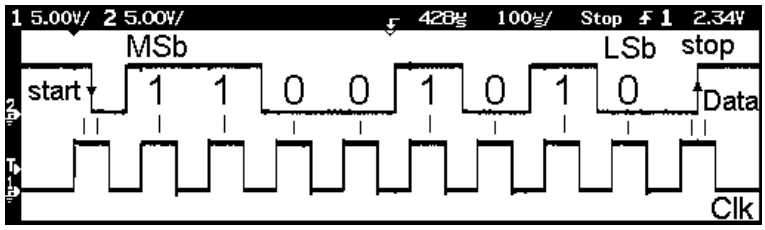
IIC (síncrono):

REF= 5,024 V → LSB= 5,024/256 V

Fórmula: V_a= 3,958 V → Num(V_a)= 202

Imagen: 1100 1010 → 202

Funcionamiento perfecto, pues los valores decimales son iguales.

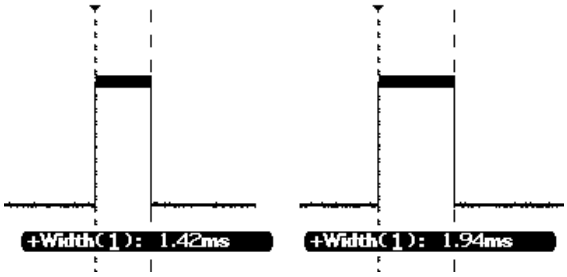


Los ejemplos precedentes se hicieron con versiones iniciales, de desarrollo, del programa ensamblador, por tanto, casi seguro que será imposible replicar los mismos datos.

B) Opcional: Servomotor. Transmisión analógica de la información

Cuando se gira el potenciómetro, cambia la tensión analógica V_a (GP4), y en GP2 se genera un pulso de ancho proporcional a la tensión V_a. Este ancho de pulso es el que controla el giro del brazo del servomotor.

Medir el ancho del pulso en GP2, que hace que el brazo del servomotor esté orientado hacia la izquierda, arriba y derecha. Este es un proceso de calibrado que siempre debe hacerse cuando se usa un servomotor por primera vez.



C) Opcional: Bluetooth-Teléfono

Conectar el módulo Bluetooth al circuito. Conecte el cable rojo a la alimentación de 5V, el cable negro a tierra. En ese momento, establecer conexión entre el módulo Bluetooth y el teléfono. Una vez hecha la conexión, conectar el cable verde a GP5, y el cable amarillo en una posición fija, pero sin conexión.

La palabra numérica, resultado de la conversión analógica-digital, se verá en formato hexadecimal en la pantalla del teléfono. El PIC manda la palabra numérica en formato TTL-232 a 9.600 baudios por GP5, que es recibida (cable verde) por el módulo BT, y éste usa el perfil SPP-RFCOMM de Bluetooth que está diseñado para transmitir datos en serie (iOS no admite este tipo de transmisión).

Dos programas de android, prácticos para ver los datos en hexadecimal son: "Bluetooth Terminal" y "S2 Terminal for Bluetooth".

- Añadir una tabla conteniendo la tensión analógica, su equivalente decimal y hexadecimal según la fórmula y el resultado hexadecimal proporcionado por el teléfono. No olvidar apuntar la V_{REF}.

Ch) Opcional: USB-Ordenador

Conectar el módulo TTL-232_USB al circuito. Conecte el cable negro a tierra, y el cable verde a GP5. No conecte el cable rojo, ni el amarillo, fíjelos en dos posiciones que no conecten a nada. Conecte el conector USB al ordenador. El PIC manda la palabra numérica en formato TTL-232 a 9.600 baudios por GP5, que es recibida (cable verde) por el módulo USB, y éste codifica los datos según la norma USB a velocidad FS (*full speed*). La palabra numérica, resultado de la conversión analógica-digital, se verá en formato hexadecimal en el ordenador.

Con el ordenador propio, puede hacerse con distintos sistemas operativos y distintos programas, pero en los ordenadores del laboratorio 3-6, sólo es posible hacer esta parte con Linux Ubuntu-16, para este caso se dan las siguientes explicaciones:

- El módulo FTDI, es reconocido automáticamente en Linux con kernel 2.4.20 o posterior. La versión del kernel puede verse con el comando *uname -a*.

- Comprobar que el ordenador ha reconocido el módulo USB, y el nombre que le ha dado. Para ello, usar el comando *dmesg*, y ver que le ha asignado el nombre /dev/ttyUSB0. Este puerto, debe tener un "chmod rwx" de al menos "664".

- La configuración del puerto /dev/ttyUSB0 puede verse con el comando *stty -F /dev/ttyUSB0*, o directamente configurarlo con *stty -F /dev/ttyUSB0 raw 9600*, para que admita datos en bruto (raw) a la velocidad de transmisión deseada (9.600 baudios).

- Para recibir los datos hexadecimales, pueden usarse programas "terminal" como minicom o cutecom, o, sin necesidad de instalar nada, con el comando *xxd*. Con el comando *xxd /dev/ttyUSB0*, se ven los datos recibidos por USB en formato hexadecimal. Para mayor comodidad de lectura, puede usarse el el comando *xxd -c4 -g1 /dev/ttyUSB0* (añadiéndole un *-b*, los datos se ven en binario).

- Añadir una tabla conteniendo la tensión analógica, su equivalente decimal y hexadecimal según la fórmula y el resultado hexadecimal proporcionado por el ordenador. No olvidar apuntar la V_{REF}.

8 Control por Bluetooth de un circuito con un microcontrolador PIC.

Práctica opcional. Consta de dos variantes (8.a y 8.b). Ambas utilizarán un PIC 12F1840 y un módulo Bluetooth HC-05 (esclavo). El ordenador o teléfono del alumno hará de "master".

Funcionalidad 8.a

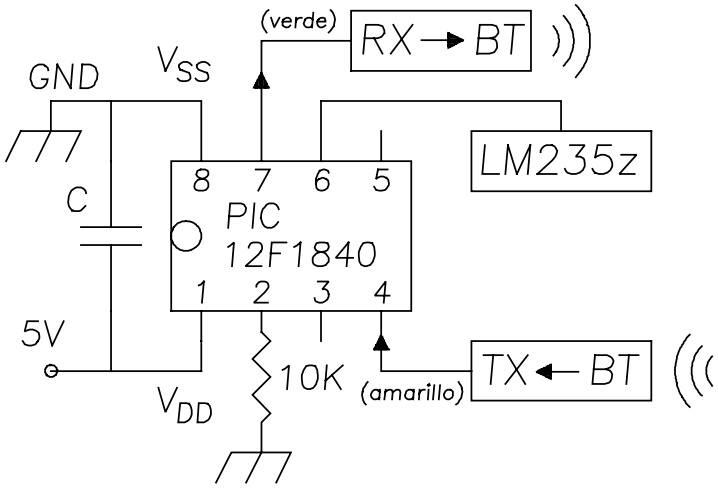
- Encender / Apagar un LED.
- Leer la temperatura (K y °C) de un sensor analógico de temperatura (LM235z)
- Orientar la leva de un servomotor

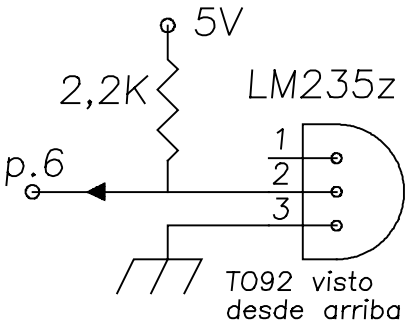
Funcionalidad 8.b

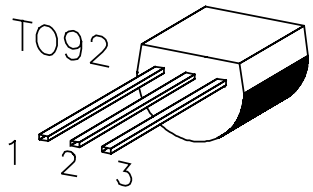
- Leer la temperatura (K y °C) de un sensor digital de temperatura (DS18b20)
- Leer la temperatura (K y °C) de un sensor analógico de temperatura (LM235z)
- Emitir los sonidos de una escala (Do al siguiente Do) por un piezo-altavoz

Montaje: 8.a y 8.b (parte común a los dos circuitos)

- La alimentación será aproximadamente de 5V, proveniente de una pila de petaca de 4,5V.
- Se deja para lo último el conectar el cable rojo de la pila (+4,5V) a la pata 1 del PIC (V_{DD}), y el cable negro a la pata 8 (V_{SS}=GND). Añadir un condensador de aproximadamente 100nF entre V_{DD} y GND.
- Conectar el cable rojo del módulo bluetooth a 5V, el cable negro a 0V, el cable amarillo (TX) a la pata 4 del PIC, y el cable verde (RX) a la pata 7.
- El LM235z es un sensor analógico de temperatura, que proporciona la temperatura directamente en Kelvin. Si se mide la tensión en voltios de la pata intermedia del sensor, la temperatura en kelvin se obtiene multiplicando dicha tensión por 100 (por ejemplo, 3,012V → 301,2K).
- La pata derecha del LM235z (encapsulado TO92) se conecta a tierra, la pata media se conecta a la pata 6 del PIC, y la pata izquierda, que es el ajuste fino o calibrado, se deja sin conectar. Añada una resistencia (aproximadamente 2K) entre la pata media del LM235z y 5V.







p.8 = pata 8 = terminal 8 = pin 8 = leg 8

p.8 = GND = V_{SS} = 0V = Tierra

p.1 = V_{DD} = 5V = Alimentación (se usará 4,5V)

p.2 = R de 10K hacia tierra

p.4 = Entrada de los datos recibidos por el módulo bluetooth (cable amarillo)

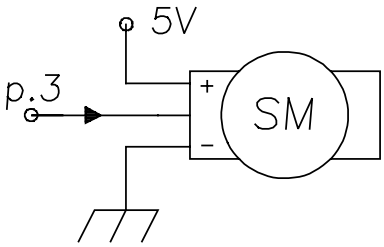
p.7 = Salida de datos hacia el módulo bluetooth (cable verde)

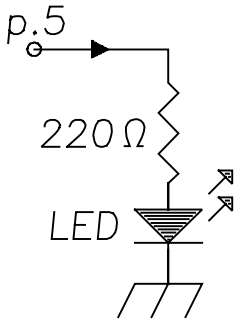
p.6 = Conexión al sensor analógico de temperatura absoluta (en Kelvin) LM235z

En los esquemas, el encapsulado TO92 se representa visto desde arriba (LM235z y DS18b20).

Montaje 8.a

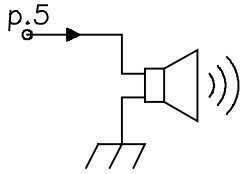
- Se usará un LED con resistencia integrada (sólo vale para 5V), de esa forma no necesitaremos incluir una resistencia limitadora. El ánodo del LED se conceta a la pata 5 del PIC, y el cátodo a tierra.
- Servomotor: Conecte el cable rojo con la alimentación (5V), el cable negro a tierra, y el tercer color (naranja, amarillo o blanco) a la pata 3 del PIC.

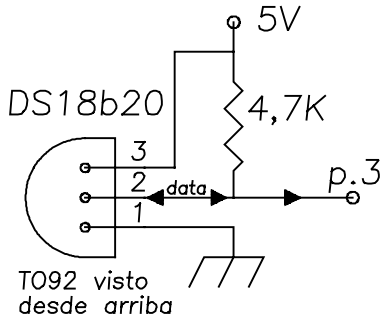




Montaje 8.b

- El DS18b20 es un sensor digital de temperatura en grados centígrados (°C), que utiliza el protocolo de "1-Línea" y tiene una resolución de 12 bits.
- Conecte la pata izquierda del encapsulado (TO92) a tierra, la pata derecha a 5V. Conecte la pata media del sensor a la pata 3 del PIC. Añada una resistencia de "pull-up" (aproximadamente 4,7K) entre la pata 3 del PIC y 5V.
- Conecte los cables azules del altavoz piezo-eléctrico. El primero conectado a la pata 5 del PIC, y el segundo a tierra.





Funcionamiento común a las dos variantes 8.a y 8.b

- Se empieza con una cuenta atrás de 10 segundos, para dar tiempo a que se realice la conexión bluetooth con el teléfono/ordenador.
- Luego aparece un menú con ayuda de los comandos y la funcionalidad que admite el circuito. Este menú, siempre se podrá ver de nuevo con el comando (M, m).
- P, p Sirve para transmitir una cadena de caracter ASCII "123456 ABCDEFG". Esta cadena sirve para comprobar si hay algún problema en la transmisión de datos por bluetooth.
- Q, q Se envía una cadena con caracteres ASCII de 192 a 215. Sirve para comprobar si el terminal usado admite dichos caracteres, o para ver el juego de caracteres del terminal.

Funcionamiento 8.a

- L, l Enciende/Apaga el LED.
- T, t Medir la temperatura con el sensor LM235z, y mostrarla (K y °C) en pantalla.
- 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Orienta la leva del servomotor desde las 9h hasta las 3h (9h 10h 11h 12h 1h 2h 3h).
- C, c En el terminal bluetooth se reciben unos números (150=1,5ms) para calibrar el servomotor.

Funcionamiento 8.b

- T, t, D, d Medir la temperatura con el sensor analógico LM235z y el digital DS18b20, respectivamente. La temperatura se muestra en Kelvin y en grados centígrados.
- 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Notas: Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si, Do