

Capítulo 6

Montaje de un oscilador

6.1. Introducción

Ya tenemos una flamante fuente de alimentación. Toda nuestra pasión electrónica queda reducida al movimiento de un potenciómetro seguido por el cambio de medida de un voltímetro. Así no vamos a impresionar a nadie. Tenemos que encontrar rápidamente una solución al problema: vamos a montar un sencillo oscilador que va a encender y apagar un LED.

6.2. Presentación del oscilador

En la figura 6.1 se muestra el esquema básico de un oscilador, denominado *oscilador de relajación*. No parece muy complejo pues constan sólo de una resistencia, un condensador y un... triángulo con bola y tatuaje.

En realidad, la figura tiene trampa, porque no muestra la alimentación de U1. Se trata de una práctica común cuando se trabaja con circuitos integrados, que se hace para no embrollar el circuito.

También pueden sorprendernos unos numeritos a la entrada y salida del inversor. Son completamente inofensivos, y se refieren al número de terminal del circuito integrado. Veremos más sobre ello en este mismo capítulo.

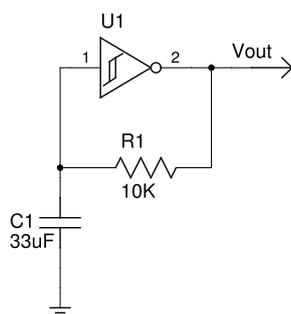


Figura 6.1: Oscilador de relajación

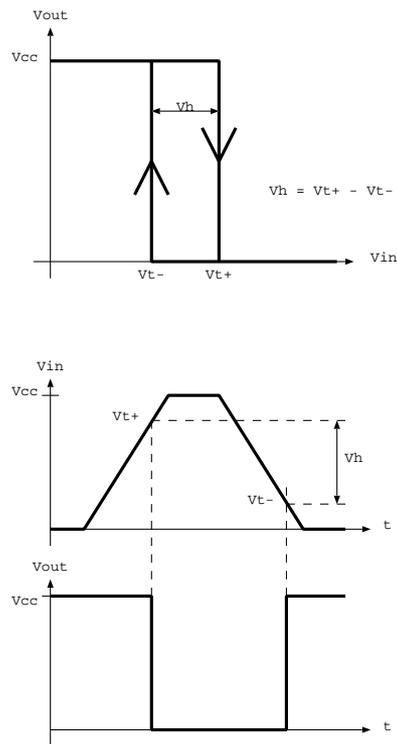


Figura 6.2: Función de transferencia del 74HC14

6.3. El trigger de Schmitt

El mencionado 'triángulo con bola y tatuaje' en cuestión se denomina *inversor con trigger de Schmitt*. Se trata de una puerta lógica, usada en electrónica digital, pero asociada siempre a la interfaz con el mundo analógico.

- Un **inversor** es un circuito que 'invierte'. Como no hemos visto nada de electrónica digital, vamos a dar una definición *analógica*. Se trata de un circuito que cuando la tensión de entrada es *baja*, da tensiones de salida *altas*, y cuando la tensión de entrada es *alta*, da tensiones de salida *bajas*. Alta o baja con el criterio de cercanía a sus tensiones positivas o negativas de alimentación. Se trata de un inversor, pero de un inversor muy extremista, porque cuando la tensión de entrada es baja, la salida es prácticamente igual a la de alimentación positiva, y cuando la entrada es alta, la salida es prácticamente igual a la alimentación negativa. Cuando la entrada está a medio camino, la salida está también entre medias, pero basta una leve variación para llevarlo de un extremo a otro. Digamos que es un radical que siempre lleva la contraria.
- **Trigger de Schmitt**. Herr Schmitt pasó a la historia gracias a su circuito de disparo. Al buen señor se le ocurrió un método para que la conmutación de la salida se realice a una tensión de entrada distinta según conmutemos de salida alta a baja o de baja a alta. La necesidad es clásica: por ejemplo todos los circuitos de termostato funcionan de este modo.

Entrando en detalles, la función de transferencia del circuito se muestra en la parte alta de la figura 6.2. Tal vez el funcionamiento sea más claro si observamos la parte

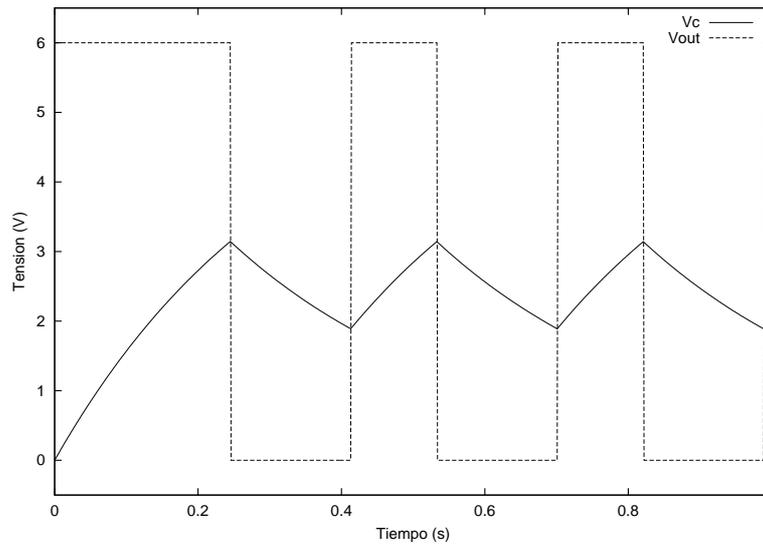


Figura 6.3: Simulación del comportamiento del oscilador de relajación

baja de la figura. Si partimos de una tensión de entrada baja y vamos subiéndola, la tensión de salida se mantiene alta (igual que la tensión de alimentación, V_{cc}), hasta que en cierto punto (a V_{t+}), de repente, baja a una tensión próxima a cero. Si a este punto decidiéramos echar marcha atrás, la salida permanecería a bajo nivel hasta que retrocediéramos a un nivel más bajo que el que provocó un cambio de tensión. Este efecto es el que se denomina *trigger schmitt*.

Si volvemos a la función de transferencia de la figura 6.2, vemos en ordenadas la tensión de entrada y en abscisas la de salida. La tensión de salida se mantiene todo el tiempo igual a masa o a la de alimentación. Podemos ver el mismo efecto anteriormente descrito. Si barreos la entrada de tensiones bajas a altas, la salida permanecerá inicialmente a nivel alto, y cuando la entrada sea igual a V_{T+} , entonces la salida bajará a cero voltios. Si realizamos el camino inverso, de tensiones de entrada altas hacia tensiones más bajas, la transición se produce a una tensión diferente, V_{T-} , más baja que la anterior.

¿Cómo puede el circuito de la figura 6.1 llegar a ser un oscilador?. En la figura 6.3 vemos una simulación de la tensión de entrada y de salida del inversor desde el arranque del oscilador (régimen transitorio) hasta alcanzar el régimen permanente. Imaginemos que al principio el condensador está descargado. Por tanto, la entrada del inversor está a masa y su salida a la tensión de alimentación. El condensador empieza a cargarse a través de la resistencia R, y la tensión en bornas empieza a crecer, como vimos en el capítulo 3.5.2.

Antes o después, la tensión en la entrada de U1 llegará a V_{T+} , y a este punto la salida pasará abruptamente de una tensión cercana a la alimentación a una tensión cercana a masa. Entonces, el condensador empezará a descargarse a través de la resistencia.

Antes o después llegará a un punto en el que la tensión a la entrada de U1 valdrá V_{T-} y la salida pasará abruptamente de una tensión cercana a masa a una cercana a la alimentación... y vuelta a empezar.

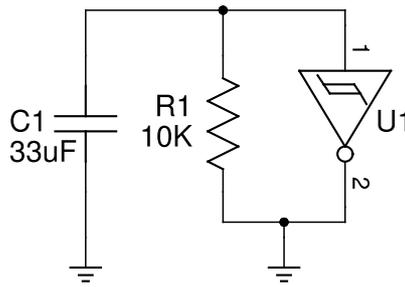


Figura 6.4: Descarga del condensador

6.4. Frecuencia de oscilación

Para estudiar la frecuencia de oscilación debemos analizar el semiciclo de salida positiva y negativa, dentro del régimen permanente. Es un repaso del capítulo 3.5.2, solo que en este caso haremos uso de las fórmulas exactas. Las fórmulas aproximadas deben dar valores muy adecuados ya que, como se ve en la figura 6.3, la carga y descarga del condensador es casi lineal.

6.4.1. Semiciclo negativo

El condensador está inicialmente cargado a la tensión de conmutación más alta y disminuye hasta la más baja al descargarse a través de la resistencia. En la figura 6.4, se representan las tensiones como altura de modo que los puntos de tensión más alta se representan más arriba que los de baja. La corriente fluye de arriba a abajo. Esto ayuda a tener una imagen mental de lo que realmente sucede, y sería deseable imaginarse cómo la tensión del condensador disminuye.

$$V(t) = V_o \cdot \exp\left(-\frac{t}{R \cdot C}\right) \Rightarrow$$

$$t_{neg} = \ln\left(\frac{V_{T+}}{V_{T-}}\right) \cdot R \cdot C$$

Para los valores típicos¹ del 74HC14 alimentado a 6 Volt, resulta

$$t_{neg} = 0,51 \cdot R \cdot C$$

6.4.2. Semiciclo positivo

El condensador está inicialmente cargado a la tensión de conmutación más baja y se va cargando hacia la más alta. Ver figura 6.5.

$$V(t) = V_o + (V_{cc} - V_o) \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{R \cdot C}\right)\right] \Rightarrow$$

¹Los valores típicos del 74HC14 con alimentación de 6 voltios y a 25 °C son $V_{T+} = 3.14$ V y $V_{T-} = 1.89$ V, según las hojas de características de PHILIPS SEMICONDUCTOR. Ambas pueden tener variaciones significativas respecto a los valores nominales.

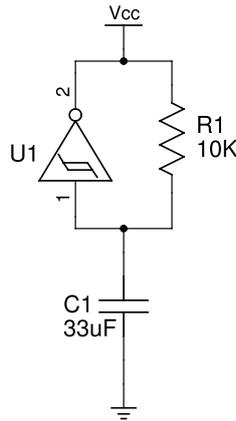


Figura 6.5: Carga del condensador

$$t_{neg} = -\ln\left(\frac{V_{cc} - V_{T+}}{V_{cc} - V_{T-}}\right) \cdot R \cdot C$$

Para los valores típicos el 74HC14 alimentado a 6 Volt, resulta

$$t_{neg} = 0,36 \cdot R \cdot C$$

6.4.3. Periodo de oscilación

El periodo resultante es la suma de los dos anteriores:

$$T = t_{pos} + t_{neg} = 0,87 \cdot R \cdot C$$

Si $R=10\text{ K}$ y $C=33\text{ }\mu\text{F}$, entonces, $T=0,3\text{ s} \Rightarrow F=3,5\text{ Hz (nom)}$

6.5. Cambiando la frecuencia

Para cambiar la frecuencia basta cambiar el valor de la resistencia o del condensador, y la frecuencia varía de forma lineal. Por ejemplo, si ponemos un condensador de 100nF, la frecuencia nominal es de 1,1 kHz. Si ponemos un altavoz en el lugar del LED lograremos un desagradable pero efectivo pitido.

Asimismo, podríamos poner un potenciómetro en el lugar de R1 y de este modo lograr una frecuencia de oscilación variable.

6.6. Montaje del oscilador

En la figura 6.6 podemos observar el esquema completo del circuito a probar.

Incorpora una novedad a lo anteriormente visto. Cómo el circuito integrado 74HC04 incluye seis inversores, utilizamos los cinco sobrantes en paralelo para sumar músculo,

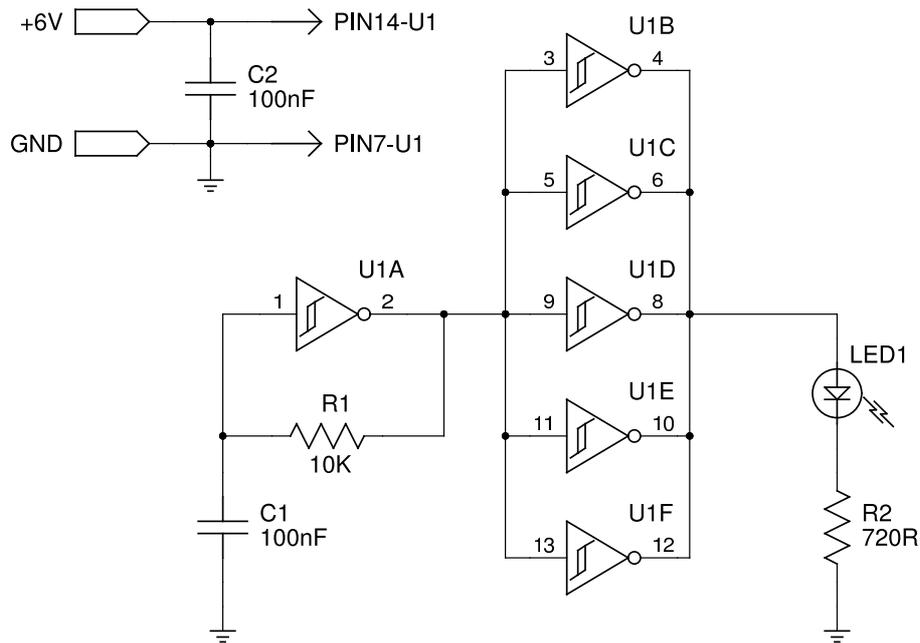


Figura 6.6: Esquema del oscilador para montar

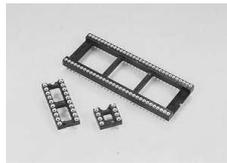


Figura 6.7: Zócalos para circuito integrado

de modo que la resistencia interna de salida se divide por cuatro, y así se logra que el control del LED mantenga una tensión bien próxima a la alimentación².

Podríamos hacer un nuevo circuito impreso, pero sabemos que eso lleva tiempo. Hay otras formas de prototipado que permiten evaluar circuitos sencillos en muy poco tiempo. Para esta ocasión, proponemos un montaje *en araña*. Este tipo de montaje se puede realizar sobre una placa de circuito impreso o un zócalo. El zócalo es un componente que permite la inserción y deinserción de un circuito integrado en un circuito impreso (por ejemplo, para sustituir uno defectuoso), pero admite el ser usado del modo indicado. Ver figura 6.7.

Otra opción, que es la que proponemos, toma como soporte una placa de circuito impreso con cobre por un lado.

Se ha de limpiar bien el cobre mediante lija de agua hasta que quede bien brillante, y de este modo aceptará muy bien las soldaduras.

1. Se cogerá el circuito integrado³ y se doblarán con cuidado todas sus patillas hacia fuera, en línea con el encapsulado plástico. La numeración de los pines se muestra en la figura 6.8 y es universal: usando la referencia, la numeración se realiza en

²TEXAS INSTRUMENTS en el *data sheet* del 74HC04, especifica una tensión de salida de 5,2 V para una carga de 5 mA cuando el chip se alimenta a 6 Volt. Esto corresponde a una caída de tensión de 0,8 V debida a la resistencia interna de salida.

³Comunmente denominado *integrado*, *chip* o *cucaracha* en el argot

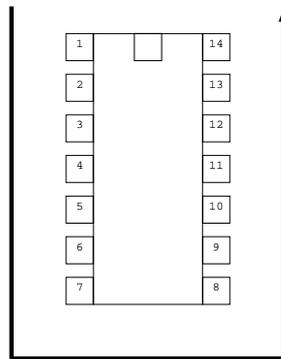


Figura 6.8: Numeración de pines en un chip

forma de U, hacia abajo, y luego hacia arriba. La referencia puede ser una marca sobre el pin 1 o sobre el lado superior.

2. El pin 7 se soldará al circuito impreso que será conectado a masa. La soldadura se realizará doblando de nuevo el pin hasta que toque la placa. Esto dará rigidez a la conexión.
3. El pin 14 se suelda a un condensador de desacoplo de 100 nF (C2). El pin sobrante del condensador se conecta al plano de cobre, también llamado *plano de masa*. Esta conexión debe dar gran rigidez al integrado.
4. Se soldará un cablecillo rojo al pin 14 y uno negro al plano de masa. Esto permitirá la conexión a la fuente.
5. Se soldará el pin 1 al terminal positivo del condensador C1. El terminal negativo del mismo se soldará al plano de masa.
6. Se soldará una resistencia de 10 K (R1) entre los pines 1 y 2 del chip. El terminal conectado al pin 2 se dejará más largo para que llegue al pin 3 al que se conecta.
7. Se levantan los pines 4, 6, 8, 10 y 12. Son las salidas.
8. El terminal corto del LED (cátodo), el que tiene una muesca en el cuerpo de plástico, se conecta al plano de masa, y el largo a la resistencia R2.
9. Se unen los pines 2 y 3 del chip con los pines 5, 9, 11 y 13.
10. Se unen con hilo y se conectan a la resistencia serie del LED (R2).
11. Sólo resta conectar los cables de alimentación a nuestra flamante fuente, previamente configurada para dar 6 Voltios, y aplicar tensión. El LED debe lucir a la cadencia calculada.

En la figura 6.9 se muestra un ejemplo de montaje de un circuito en araña.

6.7. Usos y abusos

6.7.1. Usos posibles

Podríamos pensar en algunas variantes del circuito manteniendo la misma estructura.

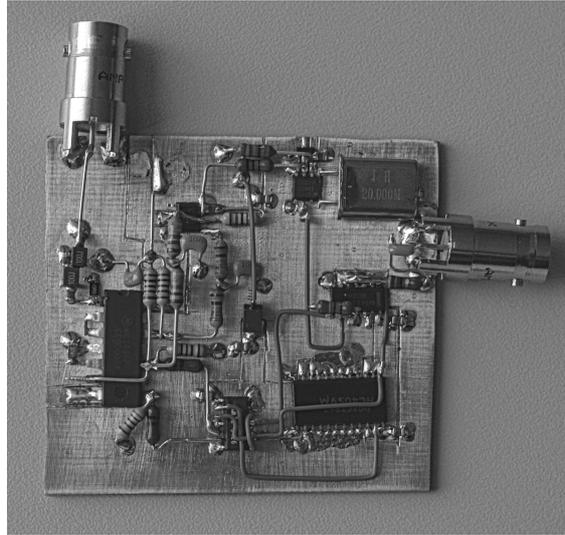


Figura 6.9: Ejemplo de montaje de un circuito en araña

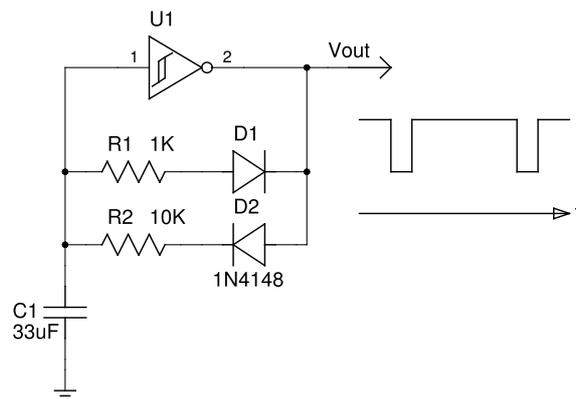


Figura 6.10: Oscilador de relajación salida asimétrica

- Si aumentamos la frecuencia de oscilación y conectamos la salida del circuito a un altavoz⁴ a través de R2, podemos oír el tono resultante. Podemos lograr tonos de la frecuencia de audio que queramos.
- Si en el lugar de R1 ponemos dos resistencias con sendos diodos en serie, cada uno orientado de una forma, podemos hacer que la resistencia aparezca distinta en los ciclos de subida y de bajada, por lo que podemos hacer que la *relación de aspecto* cambie. Podríamos lograr, por ejemplo, un LED parpadeante que estuviera encendido muy poco tiempo, y por tanto lograr una potencia media consumida menor.
- Podemos conmutar electrónicamente el condensador mediante diodos, transistores...

⁴Un altavoz tiene una impedancia típica de 8Ω. No podemos conectarlo directamente a la salida del integrado.

6.7.2. Abusos posibles

Hay varias cosas que NO debemos hacer a riesgo de dañar de manera irreversible el circuito:

- Conectar la alimentación del circuito al revés
- Superar la tensión de alimentación especificada (7 Volt)
- Cargar las salidas de modo que la corriente total sea superior a 50 mA.

6.8. Una curiosidad

¿Cómo se hace un Trigger de Schmitt?

Es un caso típico de realimentación positiva (ver capítulo 8.10).

6.9. ¿Alguna otra idea?

Uno puede preguntarse si esta es la única forma de hacer un oscilador. Sin duda no. Existen literalmente cientos de formas que obedecen a diferentes requisitos: la necesidad de conseguir buena estabilidad, alta frecuencia, bajo consumo, bajo coste, pocos componentes, alta o baja tensión de alimentación... y también la familiaridad del diseñador con diferentes tecnologías.

