

Preguntas “teóricas” de la Clase N° 9

1) *Discuta la definición de la unidad de tiempo en el SI. ¿Por qué cree que ha sido definida de esa manera?*

El *segundo* (s) es la duración de 9.192.631.770 periodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 137.

Esta definición fue pensada de esta manera, para obtener así un patrón con una incerteza lo más chica posible, de manera de que la unidad tenga una definición exacta y rigurosa.

2) *Defina período, frecuencia y pulsación*

El término *período* se utiliza para designar el intervalo de tiempo necesario para completar un ciclo repetitivo de una señal.

La *frecuencia*, es una medida para indicar el número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en una unidad de tiempo. Es decir, es el número de periodos por unidad de tiempo.

Se define la *pulsación* (o frecuencia angular) como 2π veces la frecuencia.

3) *¿Cómo define frecuencia para un fenómeno casiperiódico?*

Se toman varias mediciones del periodo de ocurrencia de un evento en particular, y se calcula el promedio de los valores obtenidos. Este valor será el periodo de nuestro fenómeno, y su recíproco es la frecuencia del mismo.

Para considerar a un fenómeno como casiperiódico, el histograma del mismo debe ser lo más compacto posible.

4) ¿Qué es un oscilador de referencia (abrev. OR)? ¿Cuáles son las características principales que debe ofrecer, en vista de su uso en instrumentos para medir tiempo y frecuencia?

Es un dispositivo construido con un material piezoeléctrico, que produce una señal eléctrica con una frecuencia con baja dispersión, es decir aproximadamente constante.

El OR debe ser lo mas exacto posible, puesto que se utiliza como referencia para las mediciones de tiempo, por lo que su exactitud influye directamente sobre la incerteza de las mediciones.

5) Describa con sus palabras los siguientes conceptos:

1. Estabilidad de frecuencia de un OR

Se refiere al nivel de dispersión de la frecuencia proporcionada por el OR. Cuando más estable es el OR, menor es la dispersión en la frecuencia.

2. Estabilidad a largo plazo de un OR

Se refiere a la dispersión en la frecuencia proporcionada por el OR, debido a descalibración provocada por el paso del tiempo (comúnmente se hace referencia a este fenómeno como *envejecimiento*). Cuando más estable a largo plazo es el OR, menor es la dispersión en la frecuencia.

3. Sensibilidad de la frecuencia a factores de entorno (carga, ddp de alimentación, temperatura, etc.)

El OR puede tener dispersión en la frecuencia, producto de variaciones en la tensión de línea, el aumento de la temperatura, carga excesiva del instrumento, etc.

Estas características se especifican en los manuales de los instrumentos.

4. Resonancia de un cristal de cuarzo

El contador universal necesita una fuente de frecuencia muy reproducible y exacta para su utilización en la medida del tiempo. En general, las fuentes electrónicas de frecuencia

utilizan cristales de cuarzo que manifiestan un efecto piezoeléctrico. La frecuencia de resonancia de un cristal de cuarzo depende de la masa y de las dimensiones del cristal. Variando estos parámetros se pueden obtener salidas eléctricas con un intervalo de frecuencias entre los 10 kHz y los 50 MHz o incluso mayores. Normalmente, estas frecuencias se mantienen constantes a 100 ppm. Se pueden construir osciladores de cristal para patrones de tiempo con una precisión de 0,1 ppm tomando precauciones especiales, como es un control preciso de la temperatura.

5. Piezoelectricidad

Es un fenómeno presentado por determinados cristales que al ser sometidos a tensiones mecánicas adquieren una polarización eléctrica en su masa, apareciendo una diferencia de potencial y cargas eléctricas en su superficie. Este fenómeno también se presenta a la inversa, esto es, se deforman bajo la acción de fuerzas internas al ser sometidos a un campo eléctrico. El efecto piezoeléctrico es normalmente reversible: al dejar de someter los cristales a un voltaje exterior o campo eléctrico, recuperan su forma.

Por las propiedades mecánicas, eléctricas, y químicas, el cuarzo es el material más apropiado para fabricar dispositivos con frecuencia bien controlada.

6. Tiempo de calentamiento de un OR

Es el tiempo que transcurre hasta que el OR adquiere la temperatura necesaria como para lograr un funcionamiento óptimo. Suele ser de entre 10 y 30 minutos.

7. Reloj atómico

Se denomina reloj atómico a un reloj cuyo funcionamiento se basa en la frecuencia de una vibración atómica. Un reloj atómico es un tipo de reloj que utiliza una frecuencia de resonancia atómica normal para alimentar su contador.

Hoy los mejores patrones de frecuencia atómicos se basan en las propiedades físicas que tienen las fuentes de emisión de cesio.

El estándar actual de los relojes atómicos en activo permite el atraso de un segundo cada 300 mil años.

6) *¿Qué es la Base de Tiempo (abrev. BdeT) de un Contador Universal (abrev. CU)? ¿A dónde va su salida, y qué forma de onda tiene la misma? ¿Es importante que los flancos de la señal sean abruptos? ¿Por qué?*

La base de tiempos de un contador universal es un subsistema que tiene por función proporcionar una frecuencia estable, mediante la utilización de un oscilador de referencia, usada como referencia en las mediciones de tiempo (modos frecuencia, periodo, e intervalo de tiempo).

Su salida, generalmente es ingresada en la compuerta principal del contador, para ser contada o para controlar la apertura o cierre de la misma, según cuál sea el modo de operación. Su forma de onda es cuadrada con duty cycle del 50%.

Por otro lado, es importante que el tiempo de crecimiento de dicha señal sea lo mas chico posible, de manera de reducir el error en la apertura y cierre de la compuerta o el error de cuantificación según sea el caso. Además, al crecer rápidamente la señal, la pendiente será grande, por lo que se reducen los errores producidos por eventual ruido en dicha señal.

7) *¿Cuál es la función de los circuitos de acondicionamiento de entrada? ¿Qué controles existen en el CU asociados a este subsistema? ¿Cómo y para qué se usan?*

Los circuitos de acondicionamiento de entrada sirven para adaptar la señal de entrada para poder ser ingresada en los circuitos digitales del contador universal, como ser la compuerta principal u cualquier otro subsistema del contador.

Cuenta con un circuito llamado disparador Schmitt, que se encarga de transformar la señal de entrada en una señal cuadrada, apta para ser usada por los circuitos digitales internos al contador. Para ello, se usan los controles TRIGGER LEVEL, para configurar el nivel de disparo, según la tensión de la señal de entrada; y el control SLOPE, para determinar si la pendiente de disparo será positiva o negativa.

Además, la señal de entrada puede ser atenuada, para un correcto funcionamiento de los circuitos internos, según sea necesario. Para esto, se utiliza el control ATT para atenuar diez veces.

Cabe aclarar, que la señal, antes de ingresar al disparador Schmitt, es acoplada de manera de filtrar o no la componente de continua (AC o DC).

Por ejemplo, para ingresar una senoide, conviene situar el nivel de disparo en 0V, de manera de disparar en un punto de pendiente máxima, para minimizar el error de trigger debido a ruido en la señal de entrada. La configuración de la pendiente es indistinta. Y la atenuación será necesaria si la señal tiene una amplitud relativamente grande.

Otro caso sería si se mide una señal cuadrada. En esta situación, conviene disparar lejos de los picos para evitar que no se realice el disparo, en caso de ruido o imperfecciones en la señal de entrada. Las pendientes de disparo deben configurarse según qué es lo que se desea medir, en modo intervalo de tiempo, por ejemplo. Para citar un caso, para medir duty cycle, se tiene que configurar la pendiente del canal A como positiva y la del canal B como negativa.

8) *Dibuje y explique la característica de entrada/salida de un circuito disparador Schmitt.*

Dibujo en la carpeta de la teórica.

El disparador de Schmitt es un tipo especial de circuito comparador. A partir de la señal de entrada, genera una señal cuadrada (usando la configuración de *Level* y *Slope*) apta para ser utilizada por los circuitos digitales internos.

¿Qué es la histéresis?

Un Schmitt Trigger cambia su estado de salida cuando la tensión en su entrada sobrepasa un determinado nivel; la salida no vuelve a cambiar cuando la entrada baja de ese voltaje, sino que el nivel de tensión para el cambio es otro distinto. Este efecto se conoce como ciclo de histéresis. Ésta es la principal diferencia con un comparador normal, cuya salida depende únicamente de que se cumpla la condición de disparo en ese determinado momento.

El Schmitt Trigger usa la histéresis para prevenir el ruido que podría solaparse a la señal original y que causaría falsos cambios de estado si los niveles de referencia y entrada son parecidos. Si el voltaje de histéresis está diseñado para ser mayor que el voltaje de ruido de pico a pico, no habrá cruces falsos de salida. Por tanto, la ventana de histéresis indica qué tanto ruido de pico a pico puede soportar el circuito.

¿Por qué se la emplea en la etapa de entrada de un CU?

La histéresis es utilizada en un CU para generar la onda cuadrada que representa a la señal de entrada, según cuál sea la configuración de la condición de disparo. De esta manera, se obtiene una señal apta para ser utilizada por los circuitos digitales internos al CU (compuerta principal, divisor de décadas, etc.).

9) Se tiene un circuito disparador de Schmitt con umbrales de conmutación de +2V y +3V, y se ingresa una señal senoidal de 5 V de pico. Por cuánto tiempo la salida está en estado alto y por cuánto en estado bajo. Dibuje y calcule.

En principio, supongo una señal de entrada de 1 kHz ($T = 1 \text{ ms}$): $V(t) = 5\text{sen}(\omega t)$

El nivel de +2V corresponde a la pendiente positiva, y el nivel de +3V corresponde a la pendiente opuesta.

Para calcular el tiempo del nivel alto, despejo el tiempo t_1 de la señal cuando llega a +2V, con pendiente positiva.

$$t_1 = \frac{1}{\omega} \arcsen\left(\frac{2}{5}\right) = 65,5\mu s$$

Y para t_2 , despejo cuando la señal llega a +3V con pendiente negativa.

$$t_2 = \frac{1}{\omega} \arcsen\left(\frac{3}{5}\right) = 397,2\mu s$$

Entonces, la salida permanece en alto durante $t_2 - t_1 = 331,7\mu s$; y la duración del nivel bajo es de $1000\mu s - 331,7\mu s = 668,3\mu s$. Es decir, resulta una señal cuadrada con un duty cycle del 33,17 %.

10) Aplique al circuito de la pregunta 9) una señal triangular simétrica de 10 V pico a pico, y dibuje la señal de salida. ¿Qué pasa si la amplitud pico a pico baja a 5 V?

Idem anterior, pero con la siguiente señal:

$$V(t) = \begin{cases} \frac{20t}{T}; 0 \leq t < T/4 \\ -\frac{20t}{T} + 10; T/4 \leq t < 3T/4 \\ \frac{20t}{T} - 20; 3T/4 \leq t < T \end{cases}$$

Siendo T el periodo de la señal. Para ejemplificar, supongo una señal de entrada de 1 kHz (T = 1 ms):

Para calcular el tiempo del nivel alto, despejo el tiempo t_1 de la señal cuando llega a +2V, con pendiente positiva.

$$t_1 = 0,1ms$$

Y para t_2 , despejo cuando la señal llega a +3V con pendiente negativa.

$$t_2 = 0,35ms$$

Entonces, la salida permanece en alto durante $t_2 - t_1 = 0,25ms$; y la duración del nivel bajo es de $1ms - 0,25ms = 0,75ms$. Es decir, resulta una señal cuadrada con un duty cycle del 25%.

Al variar la amplitud a 2,5 V, la señal resulta:

$$V(t) = \begin{cases} \frac{10t}{T}; 0 \leq t < T/4 \\ -\frac{10t}{T} + 5; T/4 \leq t < 3T/4 \\ \frac{10t}{T} - 10; 3T/4 \leq t < T \end{cases}$$

Siendo T el periodo de la señal.

Para calcular el tiempo del nivel alto, despejo el tiempo t_1 de la señal cuando llega a +2V, con pendiente positiva.

$$t_1 = 0,2ms$$

Y para t_2 , tendría que despejar el tiempo cuando la señal llega a +3V con pendiente negativa, pero al ser la amplitud de 2,5 V, nunca sea llega a los +3V. Por ese motivo, la segunda condición de disparo nunca se cumple, por lo que la salida del disparador Schmitt es indeterminada.

11) Aplique al circuito de la pregunta 9) una señal diente de sierra unipolar de 5 V de pico con tiempo de retrazado nulo, a la cual se le superpone una señal senoidal de 0,5 V pico a pico. Dibuje la señal de salida.

La señal sería la siguiente:

$$V(t) = \begin{cases} \frac{5t}{T} + \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right); 0 \leq t < T \\ \infty; t = T \end{cases}$$

Entonces, $t_1 = 0,4ms$, y $t_2 = T = 1ms$. Luego, la salida del disparador Schmitt permanece en alto durante $t_2 - t_1 = 0,6ms$; y la duración del nivel bajo es de $1ms - 0,6ms = 0,4ms$. Es decir, resulta una señal cuadrada con un duty cycle del 60%.

¿Cómo sería el resultado si la histéresis fuera nula?

Sin histéresis, la señal de salida del Schmitt Trigger sería nula, es decir, constante e igual a cero, con duty cycle del 0%.

12) ¿Para qué se tiene una señal de puesta a cero (RESET) en el CU?

Permite resetear el circuito contador. Esto puede ser útil, para poner a cero al contador, de manera de que empiece a contar de nuevo, y así calcular un promedio de los valores contados en determinado periodo de tiempo. Ese promedio será entonces el valor mostrado en el display.

Este comportamiento, de promediar múltiples periodos, se obtiene mediante la configuración de un tiempo de compuerta (*gate time*) mayor a 0,01 s, ya que con este último se cuenta sólo en un periodo. El número de períodos promediados, en general, es cien veces el *gate time*.

13) ¿Para qué se tiene un indicador luminoso de compuerta (GATE) en el panel frontal del CU?

Indica cuándo la compuerta del CU está abierta. Esto es útil para confirmar si la condición de disparo se cumple o no.

14) ¿Cuál es la función o funciones de la compuerta en un CU?

La función de la compuerta es dejar pasar o no a los pulsos de entrada, según se lo indique la señal de compuerta. Esta última se encarga de comandar la compuerta y determinar cuándo se debe abrir y cuándo se debe cerrar la misma. De esta manera, se controla el tiempo de apertura, en el cual los pulsos a contar tienen permitido pasar hacia el circuito contador.