

CALIBRACIÓN DE CRONÓMETROS DIGITALES POR MÉTODO DE INDUCCIÓN

Leonardo Trigo, Daniel Slomovitz

LABORATORIO de UTE, Montevideo, Uruguay, ltrigo@ute.com.uy

Resumen: Se describe en el presente trabajo el diseño y construcción un sistema de detección por método inductivo de la frecuencia de refresco del LCD de un cronómetro digital. La frecuencia de refresco del LCD del cronómetro es proporcional a la frecuencia su oscilador interno y ésta es la base de tiempo con la cual funciona el cronómetro. Por esto, al medir dicha frecuencia se calcula el error en la medida de tiempo del instrumento.

Palabras clave: Sistema de calibración, cronómetros digitales, método de inducción.

1. INTRODUCCIÓN

Un método ampliamente difundido en la calibración de los cronómetros digitales es el método fotográfico o de filmación, el cual compara la lectura del cronómetro bajo ensayo contra un patrón. Dicho método es fácil de implementar, solo necesita una cámara digital, un patrón de frecuencia y un totalizador. Sin embargo, dicho método tiene dos inconvenientes: la necesidad de sacar varias fotos para poder capturar el dígito menos significativo (1/100 s) y el tiempo necesario para observar en el display la influencia del desvío del oscilador de cuarzo respecto a su valor nominal. Si tenemos en cuenta que el desvío de dicho oscilador puede ser del orden 1 ppm son necesarias varias horas de integración para que el desvío acumulativo pueda ser observado en el display. Además, es necesario repetir dicho procedimiento varias veces para poder obtener tanto el valor del desvío como su desviación estándar. Otro elemento a considerar es que debido a la rapidez del cambio del dígito menos significativo, es necesaria una importante potencia lumínica para respetar la relación entre la cantidad de iluminación y la rapidez de apertura de obturador de la cámara. Una última desventaja de este método de medida es la dificultad de realizar una recolección de datos y el procesamiento de los mismos en forma automática. Si consideramos poder automatizar las mediciones, no es posible usar una cámara digital común, además es necesario diseñar un software de reconocimiento de caracteres y éstos pueden variar según el cronómetro a calibrar.

La suma de todas estas desventajas llevó a investigar la posibilidad de poder medir de forma directa o indirecta la frecuencia del oscilador interno del cronómetro. Un método posible consiste en detectar los cambios en el LCD, siendo la medida de la frecuencia de refresco una de las posibilidades.

2. FUNCIONAMIENTO DEL CRONÓMETRO DIGITAL

Los relojes digitales y también los cronómetros poseen un oscilador de cuarzo. Debido a la relación entre tamaño, estabilidad de la frecuencia y precio se ha estandarizado el valor de la frecuencia de dicho cuarzo, siendo su valor de 32768 Hz (2^{15}). Esta frecuencia es la base de tiempo del instrumento la cual es dividida digitalmente, amplificada, un sistema contador realiza la función de cronómetro y luego dicha información es mostrada por medio de un LCD.

En la Fig. 1 se muestra un esquema simplificado de un cronómetro digital con pantalla LDC

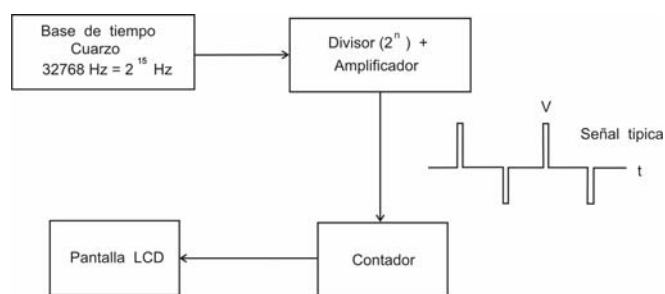


Fig 1. Esquema simplificado de un cronómetro digital con LCD

La señal que le llega al contador es la que el sistema de detección debe capturar para poder medir su frecuencia y realizar la calibración del instrumento. Dicha señal puede tener diferentes valores de frecuencia dependiendo de la marca y modelo de los fabricantes. En la tabla I se muestran valores típicos de frecuencia para estos instrumentos.

Tabla I. Valores típicos de frecuencia en cronómetros

Frecuencia base (Hz)	Divisor		Frecuencia a capturar (Hz)
32768	1152	$2^{10} + 2^7$	28.444
	1024	2^{10}	32
	768	$2^9 + 2^8$	42.666

3. DETECCIÓN DE LA FRECUENCIA POR MÉTODO DE INDUCCIÓN

Se eligió el método de inducción [1] para desarrollar el dispositivo que captura de la frecuencia que llega al sistema del contador del cronómetro (ver Fig. 1).

Debido que la señal inducida es muy pequeña, se utiliza una caja metálica dentro de la cual esta el cronómetro a calibrar y el circuito electrónico. Ésta oficia de blindaje contra señales eléctricas externas. Dicha señal se induce en una superficie conductora y es amplificada hasta obtener picos del orden de 4 V. Luego dicha señal atraviesa un circuito comparador y un filtro con el cual se eliminan señales espurias de bajo nivel de amplitud. Existen señales digitales a diferentes frecuencias y éstas también se inducen pero con bajos niveles de amplitud, del orden de 100 mV a 600 mV.

Por ultimo, es necesario un circuito acondicionador de señal pues estos pulsos son de muy corta duración (10 μ s), y el contador universal no puede captarlos de forma adecuada. Por dicho motivo fue necesario a partir de dichos pulsos generar pulsos con una duración del orden de 500 μ s. En la Fig. 2 se muestra un diagrama en bloque del sistema de adquisición

Para evitar la interferencia del campo magnético del transformador que compone la fuente de alimentación, se colocó la alimentación de la electrónica fuera de la caja metálica. Se utilizo una fuente de ± 15 V externa, la cual está separada aproximadamente 40 cm. del sistema de adquisición (ver Fig. 3).

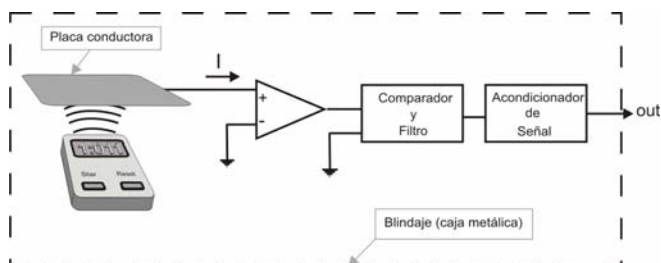


Fig 2. Diagrama del circuito de adquisición de señal por método de inducción.

4. SISTEMA DE CALIBRACION

El laboratorio UTE, a partir de un convenio firmado con el LATU, posee los patrones nacionales del país en varias magnitudes, siendo la magnitud frecuencia una de ellas.

En el Dpto. de Metrología se distribuye una señal de 10 MHz referenciada a patrones primarios de frecuencia, la cual se utiliza como señal de sincronismo para mejorar la base de tiempo de los instrumentos que poseen dicha opción. A modo de ejemplo están conectados los contadores universales, generadores arbitrarios de señal, etc. Ésta es una técnica comúnmente utilizada en los laboratorios nacionales.

El sistema de medida se compone por los siguientes equipos: sistema detector de la frecuencia, contador universal y computador.

El sistema detector de frecuencia ya ha sido ampliamente comentado. El contador universal usado es un equipo marca Hewlett Packard, modelo 53132A, el cual al estar conectado a la referencia externa genera desvíos y derivas de su base de tiempo despreciables.

El computador tiene un software desarrollado específicamente para esta aplicación, el cual comanda al contador, registra y grafica al valor de la frecuencia, y realiza los cálculos del desvío y su incertidumbre respecto al valor teórico que corresponde al cronómetro a calibrar.

En la Fig. 3 se observa una foto del sistema de medida compuesto por los equipos anteriormente mencionados.



Fig 3. Foto del sistema de medida.

En la Fig. 4 se observa la pantalla de adquisición de datos del software de calibración de cronómetro. Otra pantalla posee los parámetros de ajustes de la calibración. Se puede apreciar el valor medio y el ruido asociado, además del cálculo de tendencia, aunque teniendo en cuenta el corto plazo de observación, la deriva a largo plazo no es un valor confiable. En este caso el desvío de la frecuencia es de +8 ppm, por lo el cronómetro atrasa.

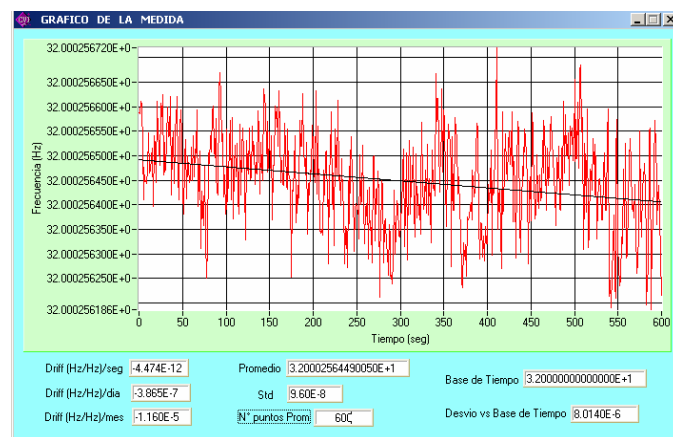


Fig 4. Software de calibración de cronómetro.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo muestra que el método propuesto es fácilmente automatizable y además el tiempo que demora la calibración se redujo a unos pocos minutos.

Otro punto a tener en cuenta es la posibilidad de verificación del funcionamiento del mismo. Para ello se construyó una pequeña antena que se conecta a un generador de señal. De esta forma se inyecta una frecuencia conocida la cual se mide con el sistema propuesto, verificando el funcionamiento del mismo y su inmunidad contra influencias externas.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Ing. Carlos Andrés Quevedo, Jefe de Laboratorio de Tiempo y Frecuencia, Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia, por el suministro de valiosa información, y al técnico electrónico Orlando Soto por su activa participación en pruebas y ajustes del sistema de detección de frecuencia.

7. REFERENCIAS

- [1] NIST Practice Guide "Stopwatch and Timer calibrations", special publication 960-12.

BIOGRAFÍAS



Leonardo Trigo (M'98) nació en Montevideo, Uruguay, en 1969. Se graduó en Ingeniero Tecnológico en Electrónica, expedido por Instituto Tecnológico Superior en 1993. Desde 1994 se desempeña funciones en el Departamento de Electrotecnia, Subgerencia Laboratorio UTE.



Daniel Slomovitz (M'86–SM'89) nació en Montevideo, Uruguay, en 1952. Recibió el título de Ingeniero Eléctrico en 1977 y Doctor en Ingeniería en 2000, en la Universidad de la República, Uruguay. Actúa como Profesor Catedrático en la misma universidad. En 1977, se incorporó al Laboratorio de UTE como Ayudante de Ing., ocupando actualmente el cargo de Jefe del Laboratorio. Ha llevado a cabo investigación en mediciones de baja frecuencia y alto voltaje, habiendo publicado más de 100 trabajos y el libro "Mediciones Eléctricas" del IEEE.