

DESARROLLO DE SOFTWARE - HARDWARE PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS, PROCESAMIENTO DE SEÑALES Y AUTOMATIZACIÓN DEL PATRÓN NACIONAL DE FLUJO DE GAS TIPO CAMPANA “FTBP20”

Carlos Ochoa Díaz, Juan Carlos Gervacio Sánchez.
Centro Nacional de Metrología, Dirección de Flujo y Volumen.
km 4.5 Carretera a Los Cués. El Marqués, Querétaro.
México CP. 76246.
Tel: 01 (442) 2 11 05 01 al 04, ext. 3775/3810; cochoa@cenam.mx

Resumen: Este trabajo presenta la implementación de la técnica de interpolación de pulsos “doble cronometría” en el proceso de calibración de medidores de caudal de gas, para el cual se usa como referencia el Patrón Nacional de Flujo de Gas tipo Campana (PNFGC), modelo FTBP20, con intervalo de medida (100 a 2 800) L/min y volumen de medida de 500 L. Dicha implementación se ha elaborado mediante la plataforma NI CompactRio, junto con microcontroladores y programación híbrida. También se presentan los resultados de la técnica de interpolación de pulsos y su contribución en la calibración de medidores de volumen de gas.

1. INTRODUCCIÓN

El PNFGC consiste en una campana con diámetro interno de 909.6 mm y espesor de 1.46 mm, un par de cilindros concéntricos dentro de los cuales se vierte el aceite que funciona como sello de la campana, dos contrapesos y un sistema de medición de desplazamiento, además dos sensores de temperatura y uno de presión para realizar las correcciones por cambios de densidad en el interior de la campana. Por su diseño, el patrón tiene un volumen limitado, siendo una desventaja apreciable cuando se calibran medidores de volumen de gas (MVG) que entregan señales de pulsos de baja resolución, por lo cual en este caso se hace necesario contabilizar fracciones de pulsos durante la duración de la prueba. Uno de los criterios principales que debe considerarse en la estimación de incertidumbre de los resultados de calibración, es que el conteo de pulsos del MVG no debe aportar más de un 0.01 % (API e ISO) a la incertidumbre total del resultado de medida.

Aplicando alguna técnica convencional para contabilizar pulsos del MVG, el contador regularmente incrementa o decrementa un pulso en el conteo total, independiente de la cantidad de pulsos colectados. Esto resulta del hecho de que las señales de "inicio" y "paro" del “interruptor detector” se producen al azar a lo largo del tren de pulsos del medidor. Por ejemplo, si tenemos un medidor tipo rotativo que genera 3 340.07 pulsos/m³ y tenemos un volumen de 295.47 L en el PNFGC; sin la técnica correcta, el MVG cuantifica 991 pulsos en lugar

990.2216, se estaría incrementando el volumen en 0.23 L del total contabilizado por el MVG.

La técnica de interpolación de pulsos permite eliminar el error por redondeo de las fracciones de los pulsos, del MVG y así se puede reducir la incertidumbre a valores menores de 0.025% , en conjunto con la reducción del tiempo de adquisición de las señales de presión y temperatura en todo el desplazamiento de la campana aplicando nuevas arquitecturas de programación y procesamientos de datos para incrementar la exactitud de medida, razón del trabajo de mejoramiento que se realiza al PNFGC. Siendo esta técnica más efectiva cuando los MVG emiten una señal de pulsos con una resolución burda.

2. DISEÑO Y DESARROLLO DEL ALGORITMO DE DOBLE CRONOMETRÍA PARA MVG, ADQUISICIÓN DE DATOS Y AUTOMATIZACIÓN DEL PNFGC

El desplazamiento vertical de la campana se mide con un encoder lineal con resolución de 1µm y un lector del generador de pulsos que se sujeta a las guías de la campana sobre un dispositivo que tiene la capacidad de alinearse con la trayectoria de la campana. La frecuencia de trabajo del encoder es de 282 Hz a 68 kHz. Mientras que los MVG en el intervalo de caudal de (2 a 160) m³/h, trabajan en una frecuencia promedio de 3 Hz a 573 Hz, dependiendo del fabricante y del modelo del MVG.

Se instalaron en la estructura del PNFGC cinco optoacopladores de ranura de alta precisión, a una distancia que relaciona un valor de volumen y una

bandera se fija en una de las guías de la campana. Al desplazarse la campana, la bandera corta los sensores y genera una señal que marca el inicio y fin de la prueba de calibración.

En función de la metodología de la técnica de interpolación de pulsos se desarrolló el algoritmo con los cuatro casos que se pueden presentar al inicio y fin de la prueba al corte de los sensores ópticos y el tren de pulsos del MVG.

La técnica de la doble cronometría requiere de dos relojes y el tren de pulsos del MVG. El reloj₁ inicia con el corte del primer sensor y se detendrá con el corte del segundo sensor. El reloj₂ iniciará en seguida del reloj₁ y cuando se cumpla que el flanco del tren de pulsos del MVG cambie su estado a alto; se detendrá después de que el reloj₁ pare y cuando se cumpla que el flanco del tren de pulsos del MVG cambie su estado a alto. Los pulsos interpolados correspondientes al MVG se obtienen aplicando la ecuación (1). Además de llevar la contabilización de los relojes, se contabiliza los flancos de subida correspondiente al tren de pulsos, tanto del patrón PNFGC como el del MVG, esta cuenta inicia y finaliza al corte de los sensores ópticos, observado en la Fig. 1. El algoritmo se programa usando un dispositivo programable "FPGA".

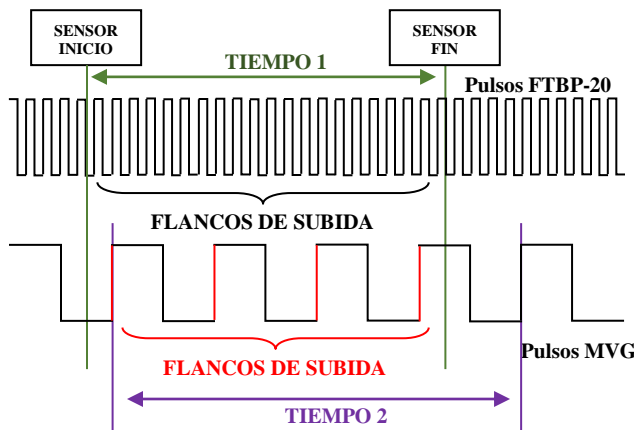


Fig. 1. Algoritmo doble cronometría.

$$Pulsos_{MBC} = \frac{(tiempo_1 * flancos_{MVG})}{tiempo_2} \quad (1)$$

La programación híbrida se realizó en tres niveles. Computadora, chasis del NI CompactRio y FPGA. Chasis, incluye programas como la adquisición de presión y temperatura, control de electroválvulas. Computadora, interfaz de usuario. FPGA, algoritmo doble cronometría. Con esto un microprocesador se

combina con el dispositivo FPGA que está conectado a módulos de entradas y salidas para que interactúe en todos los niveles de programación.

3. RESULTADOS

Se realizó la calibración de un medidor de gas del tipo rotativo G100, con un $K_{factor}/(pulsos/m^3) = 3340.07$, empleando el patrón tipo campana. Los resultados obtenidos a 160 m³/h y 11 m³/h se muestran en la tabla de resultados.

Tabla de resultados.

$C_{MVG}/pulsos$ (Sin IP)	$E_{MVG}/\%$	$C_{MVG}/pulsos$ (Con IP)	$E_{MVG}/\%$	$E_{SDC}/\%$
991	0.30	990.2216	0.22	0.08
989	0.21	988.0731	0.12	0.09

IP = Interpolación de Pulsos

C_{MVG} = cantidad de pulsos en el MVG

E_{MVG} = error relativo del MVG

E_{SDC} = error que se incurre al no usar IP

4. DISCUSIÓN

La memoria de los FPGAs es reducida, no tienen el ecosistema controlador y base del protocolo de internet que tienen las arquitecturas de microprocesador y Sistemas Operativos (SOs). Además, los microprocesadores combinados con SOs ofrecen la base para la estructura de archivos y la comunicación con periféricos usados por varias tareas, como registrar datos en disco. Desafortunadamente las tareas ejecutadas por el microprocesador tienen una ejecución muy diferente en el FPGA. La importancia del uso de hardware digital radica en que puede actualizar en campo de forma sencilla y rápida, sin generar gastos.

5. CONCLUSIONES

- 1) La implementación de la técnica de interpolación de pulsos usando FPGA se realizó de forma exitosa en el PNFGC.
- 2) El método de doble cronometría es una técnica de interpolación de pulsos fiable, que permite contabilizar fracciones de pulsos del MVG, aumentando la exactitud y disminuyendo el error en aproximadamente 0.09%.
- 3) La contribución a la incertidumbre total del volumen colectado o error del MVG por la medición de pulsos del MVG por técnicas convencionales normalmente es $\geq 0.03\%$ y empleando interpolación de pulsos es $\leq 0.01\%$.