

Balanza Electrónica de Uso Doméstico

Diego Nahuel Pirotta¹, Ramiro Castagnola²

*Departamento de Ingeniería Electrónica, Facultad Regional Buenos Aires, UTN
Medrano 951 - CABA - Argentina*

¹diegopirotta@frba.utn.edu.ar

²R.castagnola00@gmail.com

Resumen— En el presente documento se detallan los aspectos sobresalientes en el desarrollo de una balanza electrónica para uso doméstico.

Palabras clave— celda de carga, error de linealidad, incertidumbre, balanza electrónica, especificaciones.

I. INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como fin describir los aspectos salientes, desde el punto de vista de la metrología, en el desarrollo de una balanza electrónica, que determinan la calidad del instrumento, como ser el error de linealidad del sensor y la resolución del sistema.

II. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El sensor de una balanza electrónica es una galga extensiométrica, que varía su resistencia al paso de la corriente eléctrica, según su deformación mecánica. Esta se adhiere a un soporte metálico, el cual, al ser deformado por una fuerza aplicada, transfiere dicha deformación a la galga, cambiando su resistencia eléctrica.

Mediante una configuración de puente Wheastone, se obtiene una salida de voltaje proporcional al cambio de resistencia de la galga.

Si se utilizan uno o dos sensores, existe error de linealidad en la transferencia. Para solucionarlo, se utilizan o bien dos sensores con respuestas invertidas o cuatro sensores. Esta última configuración es la que posee, además, la mejor ganancia. A todo este conjunto se lo denomina “celda de carga”.

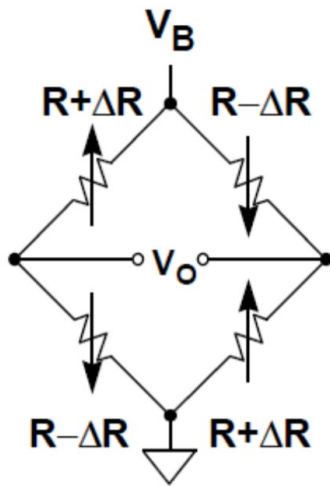


Fig. 1 Esquema circuitual del puente con cuatro galgas extensiométricas para mejorar linealidad y ganancia.

Del circuito de la fig. 1 se puede deducir la ecuación de transferencia de la celda, siendo V_G la tensión de referencia, V_o la tensión de salida y $R \pm \Delta R$ representa a cada una de las galgas, en donde el signo depende de si se encuentran en la parte inferior o superior del soporte metálico:

$$V_1 = V_B \cdot \frac{R + \Delta R}{2 \cdot R} \quad (1)$$

$$\text{y } V_2 = V_B \cdot \frac{R - \Delta R}{2 \cdot R} \quad (2)$$

$$\text{siendo: } V_o = V_2 - V_1 \quad (3)$$

Reemplazando (1) y (2) en (3), y simplificando:

$$V_o = V_B \cdot \frac{\Delta R}{R} \quad (4)$$

que es la ecuación de transferencia de la celda de carga, la cual no presenta error de linealidad y tiene una ganancia unitaria.

Los valores de (4) para el sistema desarrollado en este trabajo son 5V para V_B , $1k\Omega + 1\Omega$, lo que da un rango de valores de salida de 0 a 5mV. La celda utilizada posee una sensibilidad de 1mV/v para cada kilogramo, y un rango de 5Kg. El rango que se impuso para el sistema fue de 4Kg.

La salida analógica de la celda es convertida a valores digitales mediante un conversor analógico-digital ADC de 24bits del tipo sigma-delta. Por el bajo nivel de salida de la celda, antes de ingresar al ADC se intercala un filtro pasa bajos y un amplificador. Estos tres componentes están incluidos en el módulo Hx711. Luego, esta información es procesada y direccionada mediante un microprocesador, para ser presentada mediante un LCD 16x2.

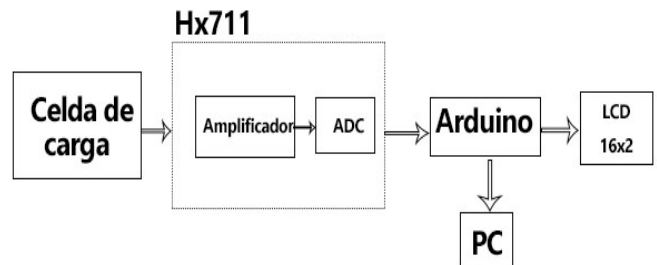


Fig. 2 Diagrama en bloques del sistema completo.

III. INCERTIDUMBRE

Se detectaron tres fuentes de incertidumbre, el ruido presente en la entrada del ADC, que limita la cantidad de bits útiles, la incertidumbre aleatoria propia de las mediciones, caracterizada por la incertidumbre tipo A, y la precisión de la celda de carga. Esta última fue descartada por estar enmascarada por la resolución de la balanza, determinada por la relación señal-ruido. Esta relación fija la cantidad de bits útiles (ENOB), según la ecuación:

$$ENOB = \frac{(S/N_{dB} - 10,79 \text{ dB})}{6,02 \text{ dB}} \quad (5)$$

Como la relación S/N es de 140,2dB, el ENOB es de 21 bits. Luego la resolución de la balanza viene dada por:

$$Res = \frac{Peso_{MAX} \cdot LSB}{V_{imAX}} = 18,62 \text{ mg}$$

La incertidumbre tipo A queda determinada en el ensayo de calibración, cuyos resultados se muestran en la Tabla I, en donde todas las magnitudes están expresadas en gramos.

TABLE I
RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

Punto de Calibración	Balanza		Patrón	
	media	uA	media	uA
0	0,19	0,0371	0,00	0,0000
250	264,10	0,0834	264,00	0,0000
500	539,07	0,1086	539,11	0,1111
1000	1002,28	0,1270	1001,78	0,1470
2000	2050,11	0,3710	2049,22	0,4006
3000	3101,92	0,4580	3101,11	0,2003
4000	3926,33	0,3166	3925,33	0,1667

Luego del ensayo de calibración, en donde se midieron diferentes pesos próximos a los valores de punto de calibración, tanto en la balanza a calibrar como la balanza patrón, se obtuvieron los resultados de las incertidumbres tipo A de ambos instrumentos. Con esta información y la suministrada por el fabricante del patrón, que informa una resolución de 1 gramo, se compone la incertidumbre combinada de la balanza, para cada punto de calibración, como sigue:

$$\mu C = \sqrt{\mu A_{patrón}^2 + \mu A_{balanza}^2 + \left(\frac{res_{patrón}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{res_{balanza}}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

Luego se expande con un factor de cobertura de k=2, para obtener una confiabilidad del 95%:

$$u_{Expandida} = k \cdot \mu C$$

En la tabla II se observan los resultados por cada punto de calibración. Para poder especificar la balanza, se buscó aquella incertidumbre que contenga todos los puntos (peor caso), a fin de cubrir todo el rango, de 0 a 4000 gramos. Dicha especificación se muestra en la tabla III.

TABLE II
INCERTIDUMBRES POR PUNTO DE CALIBRACIÓN

Punto de Calibración	uCombinada	uExpandida
0	0,58	1,16
250	0,58	1,17
500	0,60	1,20
1000	0,61	1,22
2000	0,79	1,59
3000	0,76	1,53
4000	0,68	1,36

TABLE III
ESPECIFICACIONES DE LA BALANZA

Rango	1g-4000g
Resolución	1g
Precisión	$\pm (Lectura \cdot 0,055\% + 1g)$

IV. CONCLUSIONES

La mayor dificultad fue conseguir un patrón de calidad. Dada las especificaciones previas de la balanza, ADC 24 bits, celda sin error lineal, se consiguió a priori una incertidumbre relativamente baja. Con lo cual, lo ideal era conseguir un patrón un orden de magnitud mejor, en cuanto a calidad, pero esto no fue posible dadas las restricciones a causa de la pandemia.

El patrón conseguido, una balanza comercial de 1 gramo de resolución, limitó la calidad del dispositivo final, ya que transfirió su calidad a la balanza bajo ensayo en el proceso de calibración.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros profesores, Ing. Federico Perez Gunella e Ing. Miguel Hammer, por todo su apoyo y orientación en estas circunstancias tan especiales a causa de la pandemia.

REFERENCIAS

- [1] F. Perez Gunella, M. Hammer "Guía para el cálculo de incertidumbre"
- [2] F. Perez Gunella, M. Hammer "Puentes de continua"
- [3] Hoja de datos celda de carga YZC-131A
- [4] Hoja de datos módulo Hx711
- [5] <https://www.arduino.cc/>
- [6] Alicia Maroto, Ricard Boqué, Jordi Riu, F. Xavier Rius Departamento de Química Analítica y Química Orgánica Universitat Rovira i Virgili. CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE EN MEDIDAS FÍSICAS: MEDIDA DE UNA MASA Alicia Maroto, Ricard Boqué, Jordi Riu, F.

