

## Medición de corriente con resistencia shunt e integrado AD693AQ

Renzo P. Grilletti<sup>ab</sup>, Héctor Anocibar<sup>ab</sup>, Jorge A. Olsson<sup>ab</sup>, Kurtz, Victor Hugo, Urbani Luis

<sup>c</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina. Pequeñas Centrales Hidroeléctricas – Equipos y Sistemas.

e-mails: griren91@gmail.com, anocibar@gmail.com, jorgealbertoolsson@gmail.com, kurtzvh@fio.unam.edu.ar, ctt.urbani@gmail.com.

---

### Resumen

Estas actividades se realizaron como trabajo final de la cátedra de Mediciones Electrónicas e Instrumentación Industrial. Se realizó una serie de mediciones de corriente sobre una resistencia Shunt la cual era convertida en un lazo de corriente de 4 a 20mA a través de un circuito integrado creado por la empresa Analog Devices el AD693AQ, este lazo de corriente (4 a 20mA) es uno de los valores estándar en lo que respecta la transmisión de mediciones de distintos parámetros importantes en la industria como ser presión, nivel de líquidos, temperatura, corriente, etc. Las mediciones de corriente versus corriente de lazo se utilizaron para finalizar con la construcción de dos curvas de comportamiento del sensor para examinar la histéresis, repetibilidad, no linealidad y sensibilidad y el cálculo de algunos tipos de errores. Los resultados experimentales obtenidos demostraron que es posible medir la corriente a través de la tensión diferencial del Shunt debido a la gran versatilidad que ofrece el integrado analizado; porque podemos adaptar la medición a distintos rangos (span) de tensión diferencial 30mV, 60mV, 100mV.

**Palabras Clave** – Mediciones. Lazo de corriente, Integrado AD693Q, Shunt, Versatilidad.

### 1. Introducción

El objetivo de esta actividad es realizar la medición de corriente de hasta 6 A, por medio de una resistencia Shunt disponible de 18,75mΩ y el integrado AD693AQ, que es configurado para medir hasta 5,3 A para un lazo de corriente de 4mA a 20mA. Aplicando conceptos de mediciones electrónicas, histéresis, repetibilidad, no linealidad, sensibilidad del integrado en cuestión.

### 2- Resistencia Shunt

En electrónica, un shunt es una carga resistiva a través de la cual se deriva una corriente eléctrica. Generalmente la resistencia de un shunt es conocida con precisión y es utilizada para determinar la intensidad de corriente eléctrica que fluye a través de esta carga, mediante la medición de la diferencia de tensión o voltaje a través de ella, valiéndose de ello de la ley de Ohm ( $I = V/R$ ).



Figura 1-Resistencia Shunt.

### 3- Circuito integrado

Un circuito integrado (CI), también conocido como chip o microchip, es una estructura de pequeñas dimensiones de material semiconductor, normalmente silicio, de algunos milímetros cuadrados de superficie (área), sobre la que se fabrican circuitos electrónicos generalmente mediante fotolitografía y que está protegida dentro de un encapsulado de plástico o de cerámica.

### 4- Lazo de corriente

El lazo de corriente es ampliamente empleado en procesos industriales de control. La principal ventaja, es que la señal no se ve afectada por la caída de tensión que se produce en la línea, lo que permite controlar actuadores u obtener medidas de sensores colocados a grandes distancias (1000m e incluso más). La salida del transmisor es de corriente y proporcional a la variable que se desea transmitir. Normalmente se emplean 4 mA para representar el nivel bajo del rango y 20 mA el nivel alto. De este modo, permite al receptor detectar si se ha producido algún fallo en la línea de transmisión e incluso alimentarse del propio lazo de corriente.

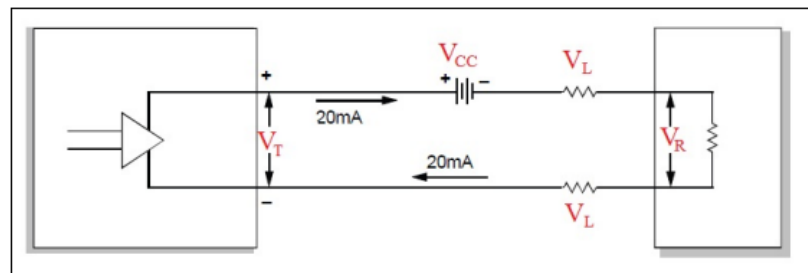


Figura 2- Modelo eléctrico de lazo de corriente de dos hilos.

### 5- Descripción General del integrado AD693AQ

El AD693AQ es un circuito de acondicionamiento de señal monolítico que acepta entradas de bajo nivel de tensión, disponible para una variedad de transductores para controlar una bucle de corriente de dos hilos de 4-20 mA estándar. Para la transmisión de señales de bajo nivel desde RTDs, puentes y transductores de presión, Shunts. Se recomienda como un reemplazo para diseños discretos en una variedad de aplicaciones en control de procesos, automatización de fábricas y monitorización de sistemas.

## 6- Configuración de Medición

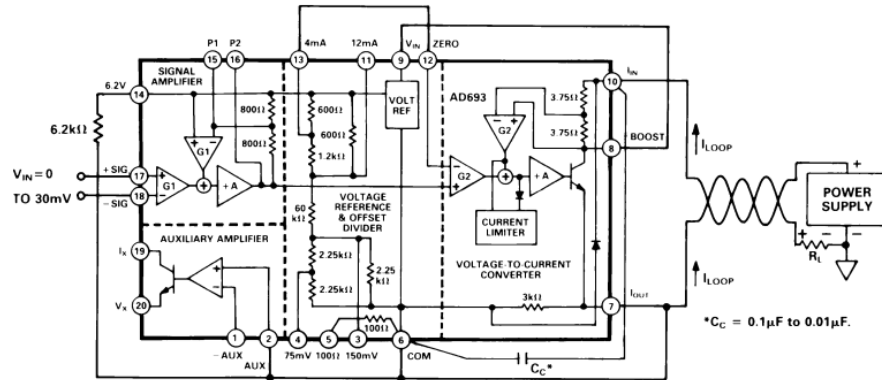


Figura 3-AD693 configurado para spam de 30mV.

El AD693AQ tiene un spam precalibrado de 30mV o de 60 mV (pin 15 y 16 conectados entre si) para un lazo configurado de 4mA a 20mA. Como deseamos medir una corriente de hasta 6 A con el shunt que disponemos que es de  $18,75m\Omega$ , un simple cálculo nos puede dar un panorama de que valores de tensión tendríamos en bornes de la resistencia shunt al circular por la misma 6 A.

$$R_{shunt} = \frac{150mV}{8A} = 18,75 m\Omega \rightarrow V_{shunt} = I_{shunt} * R_{shunt} = 18,75 \frac{mV}{A} * 6A = 112,5 mV.$$

Este valor sobrepasa los 30mV (P1 y P2 desconectados) y también los 60mV (P1 y P2 conectados) ya precalibrados que disponemos sin agregar resistencias. Leyendo la hoja de datos del fabricante nos da la opción de llegar a 100mV realizando una cierta conexión de resistencias. La corriente máxima en el shunt que podemos obtener a 100mV será:

$$\frac{8A}{150mV} = 0,05333 \frac{A}{mV} \rightarrow I_{max-shunt} = 0,05333 \frac{A}{mV} * 100mV = 5,33 A$$

El siguiente diagrama las conexiones necesarias a fin de obtener los resultados deseados.

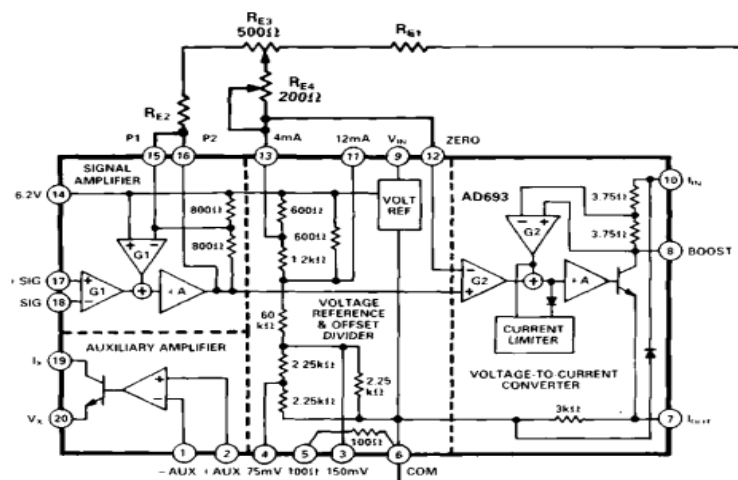


Figura 4-Arreglo de resistencias para configurar spam de 100mV.

La hoja de datos nos muestra como calcular y donde conectar resistencias, preset para aumentar el span de entrada como ejemplo se decidió usar el shunt N°4 para probar aumentar el span a unos 100mV.

La entrada se extiende entre 60 mV y 100 mV Se pueden obtener intervalos de entrada de hasta 100 mV agregando un desplazamiento proporcional a la señal de salida en el pin cero de la Convertidor V / I. Esto se puede lograr con dos resistencias y ajustado a través del esquema de ajuste opcional que se muestra en la Figura 14. El divisor de resistencia formado por  $R_{E1}$  y  $R_{E2}$  a partir de la salida del Amplificador de señal modifica el rango de voltaje de entrada diferencial.

Para determinar los valores de resistencia fijos  $R_{E1}$  y  $R_{E2}$ , primero medir la resistencia de la fuente ( $R_D$ ) de la red divisora interna. Esto se puede lograr (fuente de alimentación desconectada) por Medición de la resistencia entre los 4 mA de offset (Pin 13).

y común (Pin 6) con la referencia de 6.2 V (Pin 14) conectada a comun El valor medido,  $R_D$ , se utiliza para calcular  $R_{E1}$  y  $R_{E2}$  a través de la siguiente fórmula:

$$R_{E2} = R_D \left( \frac{Span}{Span - 60mV} - 1.0024 \right)$$

$$R_{E1} = 412R_{E2}$$

Al medir la resistencia  $R_D$  desactivando las fuentes da como resultado  $R_D=417\Omega$  .

Entonces para un span de 100mV:

$$R_{E2} = 417\Omega * \left( \frac{100mV}{100mV - 60mV} - 1.0024 \right) \rightarrow R_{E2} = 624.5 \Omega$$

$$R_{E1} = 412 * R_{E2} = 412 * 624.5\Omega = 257.293\Omega$$

A estos valores calculados podemos aproximarnos con la serie E12 de la siguiente forma:

- $R_{E2}=150 \Omega+470 \Omega=620 \Omega$
- $R_{E1}=220K \Omega+49k \Omega=269 K \Omega$

La Figura 14 se muestra un esquema para ajustar la corriente de lazo desde los 4 mA de hasta los 20mA a través de  $R_{E3}$  y  $R_{E4}$ .

Finalizados los cálculos de los componentes necesarios, se realizaron las conexiones correspondientes, para así verificar si los resultados se ajustan a los cálculos hechos previamente.

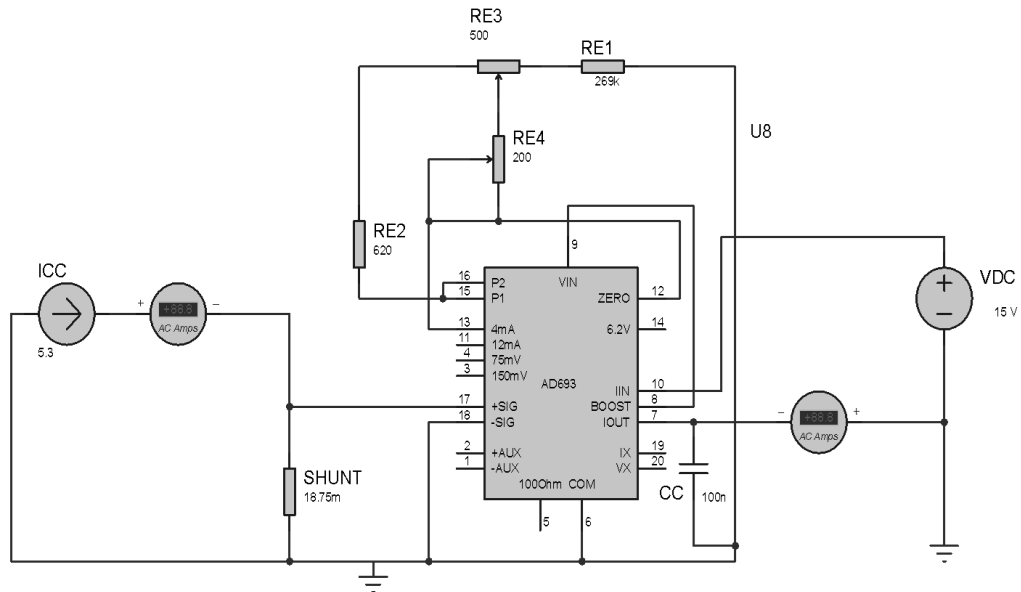


Figura 5-Circuito esquemático a implementar.

En la figura X podemos ver que hay dos fuentes una alimenta el circuito a través del lazo es decir VDC de 15V y la fuente en modo corriente constante entregando los 5,3 A en el Shunt ,para verificar el desempeño del lazo de corriente que circula en el shunt es

Una vez realizada las conexiones necesarias se realizaron dos ensayos,cada uno con medición en subida y luego en bajada.

Tabla 1. Datos del primer ensayo.

Medición de valores en la subida			Medición de valores en la bajada		
	Corriente en Shunt	Corriente de lazo		Corriente en Shunt	Corriente de lazo
	$I_{Shunt}$ [A]	$I_{lazo}$ [mA]		$I_{Shunt}$ [A]	$I_{lazo}$ [mA]
1	0	4,01	1	4,77	18,5
2	0,53	5,6	2	4,24	16,89
3	1,06	7,22	3	3,71	15,28
4	1,59	8,83	4	3,18	13,65
5	2,12	10,44	5	2,65	12,04
6	2,65	12,04	6	2,12	10,45
7	3,18	13,66	7	1,59	8,83
8	3,71	15,27	8	1,06	7,22
9	4,24	16,88	9	0,53	5,61
10	4,77	18,5	10	0	4,01
11	5,3	20,11			

Tabla 2. Datos del segundo ensayo.

Medición de valores en la subida			Medición de valores en la bajada		
	Corriente en Shunt	Corriente de lazo		Corriente en Shunt	Corriente de lazo
	$I_{Shunt}$ [A]	$I_{lazo}$ [mA]		$I_{Shunt}$ [A]	$I_{lazo}$ [mA]
1	0	4,01	1	4,77	18,5
2	0,53	5,61	2	4,24	16,9
3	1,06	7,21	3	3,71	15,29
4	1,59	8,83	4	3,18	13,66
5	2,12	10,44	5	2,65	12,06
6	2,65	12,05	6	2,12	10,44
7	3,18	13,66	7	1,59	8,83
8	3,71	15,27	8	1,06	7,22
9	4,24	16,88	9	0,53	5,62
10	4,77	18,51	10	0	4,01
11	5,3	20,12			

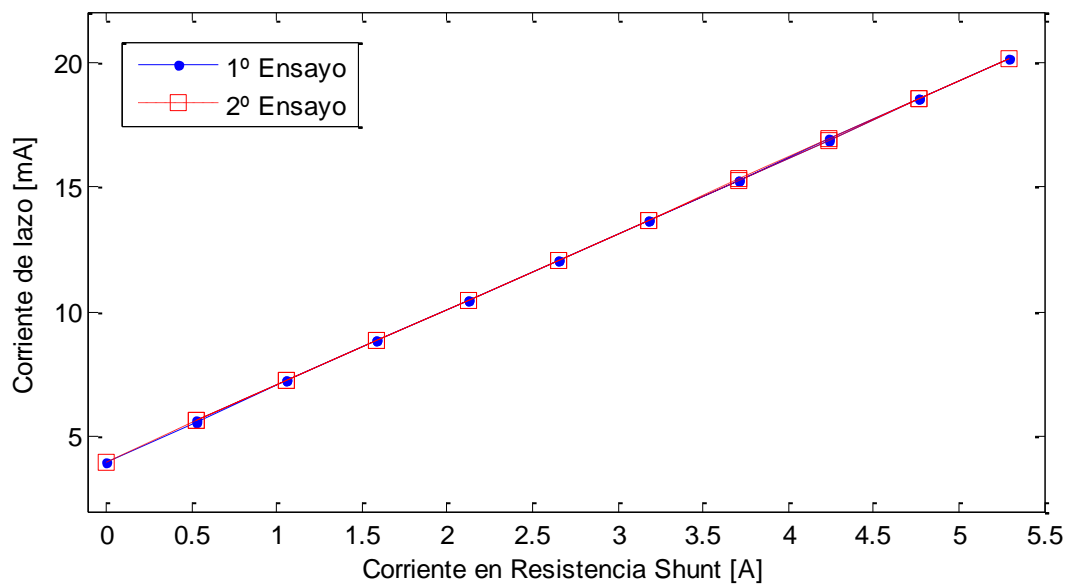


Figura 6-Gráfica de Corriente de lazo vs corriente en Shunt .

### **Histeresis, No linealidad y Repetibilidad**

La sensibilidad puede calcularse como :

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{\Delta I_{\text{lazo-Max}}}{\Delta I_{\text{shont-Max}}} = \frac{20,12mA - 4,01mA}{5,3A - 0A} = 3,04 \frac{mA}{A}$$

La Histeresis sera :

$$H = \pm 100 * \frac{D_{ifMax}}{F_s} = \pm 100 * \frac{0,02mA}{16,11mA} = 0,124\%$$

La No linealidad sera :

$$NL = \pm 100 * \frac{D_{ifMax}}{F_s} = \pm 100 * \frac{0,027mA}{16,11mA} = 0,1676\%$$

La Repetibilidad sera :

$$R = \pm 100 * \frac{D_{ifMax}}{F_s} = \pm 100 * \frac{0,01mA}{16,11mA} = 0,062\%$$

El error combinado es igual a :

$$\begin{aligned} \text{Error combinado}\% &= 100\% * \sqrt{H^2 + NL^2 + R^2} \\ &= 100 * \sqrt{0,00124^2 + 0,00062^2 + 0,001676^2} = 0,2175\% \end{aligned}$$

## **7- Conclusión**

En este trabajo individual se pudo analizar el funcionamiento del integrado AD693AQ, el mismo funciona correctamente en base a los resultados obtenidos en el ensayo. Si bien este ensayo muestra También quedo en evidencia la gran versatilidad que tiene este integrado, con distintos span de entrada configurable.

En los análisis de histeresis, repetibilidad y no linealidad se obtuvieron valores cercanos al 0% lo que muestra un comportamiento estable ante subidas y bajadas de medición. Lo cual da una confiabilidad importante de la corriente medida por el shunt en cierto sector de la industria por ejemplo, que puede ser vista a travez de un tablero de control .

## **8- Referencias**

- [1] Presentación teórica de la cátedra Mediciones Electrónicas e Instrumentación Industrial. Dr. Ing. Anocibar, Hector.
- [2] Datasheet AD693AQ. Analog Devices.
- [3] Däschler M. Jeanrenaud .Electrotecnia.