

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL EN UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA VISUALIZACIÓN DE LA MAGNITUD FUERZA, BASADO EN INSTRUMENTACIÓN PARA MEDICIÓN DE PRESIÓN, EN UNA MÁQUINA DE ENSAYOS UNIVERSAL

**Por: Omar Yesid Beltrán Gutiérrez
y Camilo Torres Gómez**
Profesores Investigadores
Escuela de Ingenierías
Corporación Universitaria del Meta

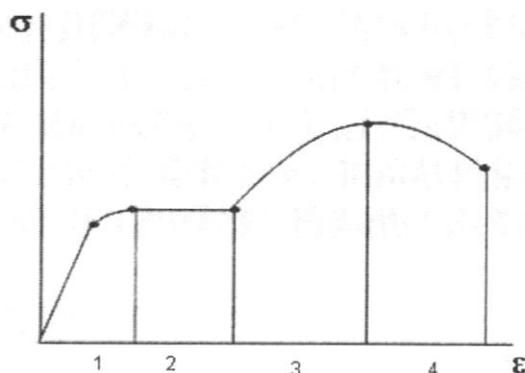
INTRODUCCIÓN

En ingeniería se denomina máquina universal a una máquina semejante a una prensa con la que es posible someter materiales a ensayos de tracción, compresión, flexión y otros, para medir sus propiedades físicas. La presión se logra mediante placas o mandíbulas accionadas por tornillos o un sistema hidráulico.

Esta máquina es ampliamente utilizada en la caracterización de nuevos materiales. Así, por ejemplo, se ha utilizado en la medición de las propiedades de tensión de los polímeros.

Durante la deformación de un material, desde que se aplica una fuerza por primera vez, hasta que el material se rompe, atraviesa por varias fases:

- 1. Zona elástica.** Durante esta fase, cualquier fuerza que deforme al material lo hará elásticamente. Esto significa que al retirar la fuerza, el material regresará a su forma original. Dentro de la zona elástica la razón entre el esfuerzo y la deformación es constante hasta llegar al límite de proporcionalidad, donde la razón deja de ser constante, la deformación continuará hasta llegar al esfuerzo de fluencia (comúnmente conocido como esfuerzo de "yielding").
- 2. Plasticidad perfecta o fluencia.** Durante esta fase el material se deformará plásticamente, con lo que al retirar la fuerza ya no regresará a su forma original. Durante esta fase suele referirse al material como perfectamente plástico.
- 3. Endurecimiento por deformación.** Al pasar la fase de fluencia, será posible resistir una mayor fuerza (mayor esfuerzo) hasta llegar al último esfuerzo.
- 4. Estricción.** Durante esta fase el material comienza a deformarse sobre una región específica con lo que se verá más angosto en esa región y por ser más angosto la fuerza soportada disminuirá y finalmente llegará a la fractura (fallo); el esfuerzo de fractura se denota por el signo.



Deformación indicando cada una de las fases de deformación.

De acuerdo a la gráfica de esfuerzo-deformación un material puede ser clasificado como dúctil si muestra deformaciones relativamente grandes o de lo contrario se considera material frágil.

Las mediciones de fuerza pueden ser obtenidas usando diferentes métodos, los cuales son seleccionados teniendo en cuenta diferentes factores, como la velocidad de aplicación de la entrada, el ambiente de trabajo, precisión, costos y otros más que pueden influenciar al diseñador a la hora de escoger el sensor adecuado.

Sensores para medición de carga y de presión son usados en una amplia variedad de aplicaciones industriales, tales como sistemas de supervisión para pesaje usando celdas de carga en básculas, o sistemas para medición de flujo, basados en medición de presión diferencial, para el monitoreo de la producción en la industria petrolera. Estos sistemas manejan información, que, si se adquiere de manera incorrecta, puede llevar a errores que implicarían pérdidas en el óptimo funcionamiento del proceso.

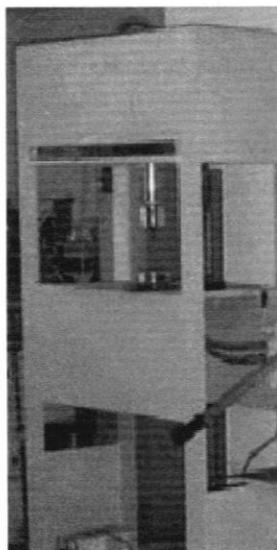
La compensación de las imperfecciones de los sensores ha tomado importancia en cuanto a investigación sobre técnicas de instrumentación. Señales parásitas no deseadas, fluctuación de parámetros, respuesta en frecuencia no óptima, no linealidad, variación de histéresis, errores por cambios en la sensibilidad, son algunos de los más frecuentes problemas presentes en los sistemas de adquisición de información, y es contra lo que se ha venido combatiendo por medio de nuevas técnicas de procesamiento de señales.

Algunos sensores, como la celda de carga, tienen respuestas que requieren de tiempos para establecerse; por tanto, deben contar con un sistema de acondicionamiento tal que permita una respuesta dinámica frente a cambios en la entrada.

El principal objetivo de este artículo es el de mostrar el desarrollo de un trabajo de ingeniería, basado en el uso de instrumentación electrónica para medición de presión, en el que la variable a visualizar es la fuerza aplicada a las probetas en ensayos de flexión, tracción y compresión en una máquina universal.

ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL SISTEMA

El sistema físico o parte mecánica del sistema de operación de la máquina universal funciona de la siguiente manera:

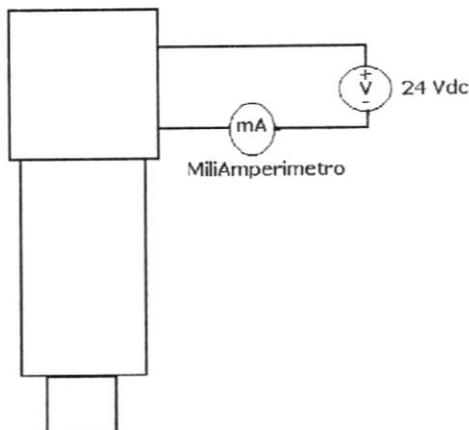


Máquina de Ensayos Universal

Se cuenta con una bomba hidráulica de engranajes, que opera en un rango de presión de 2500 psi, la cual envía aceite a un cilindro hidráulico de 3,5 pulgadas de diámetro, que genera una fuerza máxima de 12 toneladas a tracción y 10 toneladas a compresión; este cilindro presenta una longitud de carrera de 20 cm., suficientes para llevar acoplado un variador de velocidad y así poder graduar la velocidad de aplicación de la carga.

Presión

Para el desarrollo del proyecto se utilizó un transmisor de presión marca BOURDON con salida 4 a 20 mA y rango de 0 a 300 bar.



Polarización del transmisor de presión

El miliamperímetro que se muestra en la figura fue usado para observar la variación de corriente a través del circuito, pero en el montaje final, fue reemplazado por una resistencia de precisión de 100 Ω para realizar la correspondiente conversión a voltaje.

Como el rango de medición del sensor es de 0 a 300 Bar, esto quiere decir que el flujo de corriente en el circuito para cuando se tienen 0 bar es de 4mA y para cuando se tiene una presión de 300 bar la corriente es de 20 mA. Además la resolución será de:

$$\text{Resolución} = \frac{16mA}{300bar}$$

Lo que quiere decir que si hay presente una presión de 50 bar, el flujo de corriente va a ser igual a:

$$I = (50 * \text{Resolución}) + 4mA$$

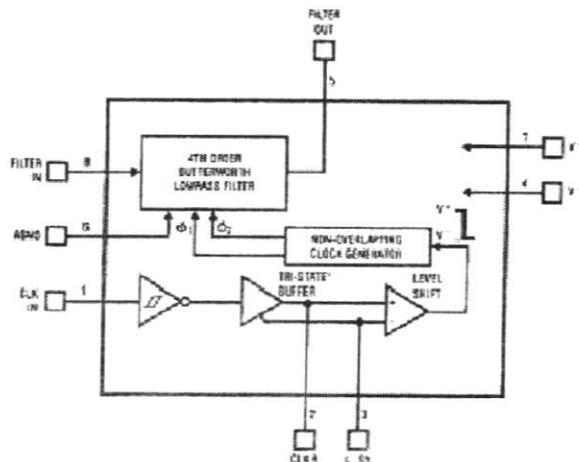
$$I = 6.67 mA$$

Esta corriente es la que circula por la resistencia de 100 Ω y la cual se traduce en un voltaje de 667 mV para los mismos 50 bar.

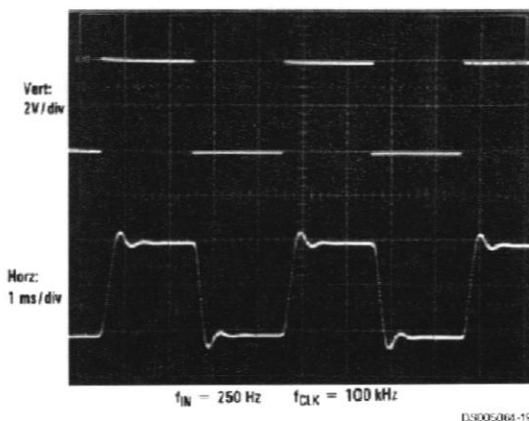
La implementación de esta resistencia de precisión marca el inicio de la etapa de acondicionamiento de la señal, que se basa en el uso de un filtro, un amplificador de instrumentación (AD620), un circuito restador y amplificador no inversor.

El filtro aplicado fue un butterworth de 4° Orden pasa baja, en pastilla (MF4CM-50), de Nacional Semiconductor. La frecuencia de corte fue de 100 Hz, lo suficientemente grande como para responder a cambios en las entradas comúnmente trabajadas en la máquina universal.

Diagrama de bloques del chip MF4CN-50



Al aplicarse una entrada escalón al filtro, la salida se comporta como en la siguiente figura:



Respuesta paso del filtro butterworth de 4° orden MF4CN-50

La siguiente etapa se trata de un circuito que tiene la función primaria de amplificar con precisión la tensión aplicada a sus terminales. Idealmente un amplificador de instrumentación responde únicamente a la diferencia entre las dos señales y presenta una extremadamente alta impedancia entre las dos terminales de entrada y entre cada uno de estos y masa. La tensión de salida se desarrolla respecto a masa y es igual al producto de la diferencia de tensiones de entrada y la ganancia del amplificador.

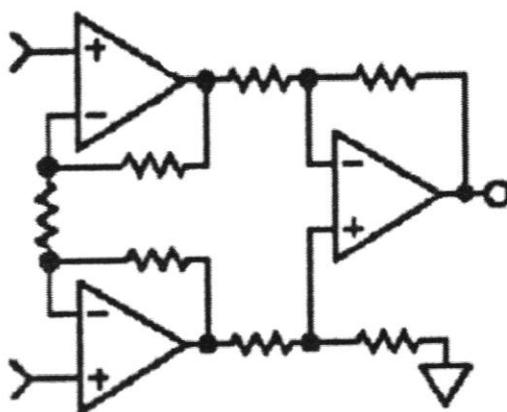


Diagrama interno del chip amplificador de Instrumentación AD620.

Es de resaltar que el AD620 es un amplificador de instrumentación en chip.

A la salida del AD620 se implementó un circuito restador de voltaje (utilizando op-amps TL =072), esto con el fin de aprovechar todo el rango del conversor análogo a digital del microcontrolador PIC 16f877.

El circuito restador toma una señal de referencia desde un diodo zener de precisión de 400 mV. de forma que para los mismos 50 bar del ejemplo anterior ahora se tienen a la salida del restador 167 mV los cuales pasan luego a un amplificador con una ganancia igual a.

$$A = \frac{5V}{1,4V}$$

$$A = 3.125$$

De tal manera que para el máximo voltaje de salida del restador (1,6V) se tienen 5V a la salida del amplificador aprovechando así todo el rango del conversor.

Por último la acción de conversión de unidades de presión a carga se hace en el microcontrolador PIC 16f877A, a través del programa, teniendo en cuenta el área de los émbolos de la máquina Universal.

Como 2500 psi equivale a $175.809 \frac{Kg}{cm^2}$, y el radio es de 4,445 cm, entonces la máxima fuerza aplicada es alrededor de 11000 Kg