

Capítulo

I

# Capítulo 1 Hardware Analógico

## 1.1 Introducción

En este capítulo se presentarán los dispositivos utilizados en la parte analógica y su interacción con los demás circuitos integrados, con su respectivo acondicionamiento según sea necesario o no; incluyendo un poco de información de su funcionamiento en general.

La característica principal del hardware analógico es que requiere de un proceso físico y una escala, por lo consiguiente es preciso pero no exacto, barato (en algunos casos), rápido, pasa por todos los infinitésimos, es decir siempre tiene un valor. Dentro de este capítulo se encontrarán los transductores utilizados para obtener la medición y su acondicionamiento, los amplificadores operacionales de instrumentación y de uso general, junto con los multiplexores.

## 1.2 Sensores (Transductores)

Los sensores son dispositivos colocados en lugares estratégicos, para realizar las mediciones pertinentes que sean necesarias para los usuarios; éstas pueden ser temperatura, presión, esfuerzo, resistencia, nivel, etcétera. En este caso los sensores serán galgas extensiométricas, cuyas características de material, diseño y dimensiones hacen que dichos dispositivos sean utilizados para la medición de cambios de resistencia en las propiedades del material en el que son colocadas, pues el sensor al sufrir cambios en su estructura física, es decir; al ser doblados o estirados (elongados) producen un cambio de resistencia en los extremos de sus terminales. Con esto las galgas son frecuentemente utilizadas para medir hasta qué punto algún material cambia sus propiedades o hasta qué extremo puede ser doblado u estirado físicamente.

### 1.2.1 Selección

Para el sensado del movimiento, a propuesta del Dr. Rubén Alejos se seleccionó el uso de galgas extensiométricas. Como ya se dijo éstas, son dispositivos capaces de variar su resistencia conforme van teniendo cierta elongación o dobléz.

Una vez que se seleccionó el uso de las galgas, el paso inicial para la instalación de las mismas es la selección apropiada de que tipo de galga y con que características va a usarse pues existe una gran cantidad de opciones. A simple vista esto parece simple, pero es todo lo contrario; la selección cuidadosa de las características paramétricas de la galga puede ser muy importante en cuanto a: la optimización del funcionamiento de la galga a las condiciones ambientales y funciones específicas, la obtención de medidas exactas y confiables de la tensión, al control y a la facilidad de la instalación y no hay que olvidar reducir al mínimo el costo total de la instalación de la galga.

### 1.2.2 Parámetros de la galga

Las características del funcionamiento e instalación de una galga son afectadas por los siguientes parámetros, y varían en diferentes proporciones:

- 1) La sensibilidad de la aleación sensible a la tensión
- 2) Compensación a la temperatura
- 3) Características del material del forro
- 4) Resistencia de la rejilla
- 5) Longitud de la galga
- 6) Patrón de la galga

### 1.2.3 Prueba de los parámetros

Básicamente esto consiste en determinar la combinación de parámetros más compatible con las condiciones ambientales de funcionamiento, y al mismo tiempo satisfacer lo mejor posible las condiciones de instalación y funcionamiento, algunos puntos a considerar son:

- 1) Exactitud
- 2) Prueba de la duración
- 3) Estabilidad
- 4) Resistencia cíclica
- 5) Temperatura
- 6) Facilidad de la instalación
- 7) Alargamiento
- 8) Condiciones del ambiente

El costo de la galga en sí, no necesariamente es importante en esta etapa; lo que si se debe tomar en cuenta es la consideración de los parámetros anteriores para reducir el costo total de la instalación. Pues dependiendo del tipo de galga éste puede aumentar o disminuir en gran proporción.

De todas las aleaciones modernas existentes en las galgas, constantán es la más vieja y utilizada. Esto se refleja en que el constantán tiene la mejor combinación total de características necesarias para muchos usos de la galga, tiene por ejemplo; una sensibilidad adecuada a la alta tensión, además sus rejillas son muy pequeñas y uniformes alcanzando alto valor de resistencia y su coeficiente de resistencia a la temperatura no es excesivo. También se caracteriza por tener gran resistencia a la fatiga y una gran capacidad de alargamiento. Por ello se decidió utilizar un tipo de galga con éste tipo de material, ya que se necesita alta resistencia a la fatiga, una gran elongación y que no presente muchos cambios en su resistencia con el aumento de la temperatura.

### 1.2.4 Material base

Con lo que respecta al material sobre el que se colocó la galga, la opción más factible y que fue más fácil de conseguir en el mercado fue una laminilla de cobre calibre 36. El cobre es un tipo de material cuyas propiedades físicas lo hacen muy dócil para su manejo, además lo delgado de la laminilla aumentó las propiedades de maleabilidad y manejabilidad de éste.

Se debe considerar que en caso de utilizarse un material base grueso para la colocación de las galgas, sería demasiado difícil obtener una medición de los movimientos realizados con el guante pues no se tendría la suficiente elongación o doblez para la medición completa del movimiento. Uniéndose a lo anterior la colocación sería más difícil sobretodo porque el Dr. Rubén Alejos propuso que los sensores se pudiesen quitar y poner en el guante. Con lo que respecta a la caracterización, se discute más adelante.

### 1.2.5 Serie EP-250

Éste tipo de galgas son de constantan endurecido, lo que produce que sean muy útiles para mediciones de gran elongación. Su rango de temperatura es de  $-75^{\circ}\text{C}$ . a  $205^{\circ}\text{C}$ ., tienen  $\pm 10\%$  de elongación en galgas menores a  $1/8$  de pulgada y un  $\pm 20\%$  para las de mayor tamaño, su fatiga aproximada es de  $10^2$  ciclos. La figura siguiente muestra una galga extensiométrica montada en un material flexible, el punte sirve para medir tanto extensiones como compresiones lo que hace que se tenga un rango más grande para la medición, así como la obtención de voltajes positivos o negativos, por ello se tiene que aplicar un offset al circuito, logrando que a la salida del amplificador operacional (AO), sólo se tengan voltajes positivos, esto se describe en el capítulo correspondiente a los AO's.

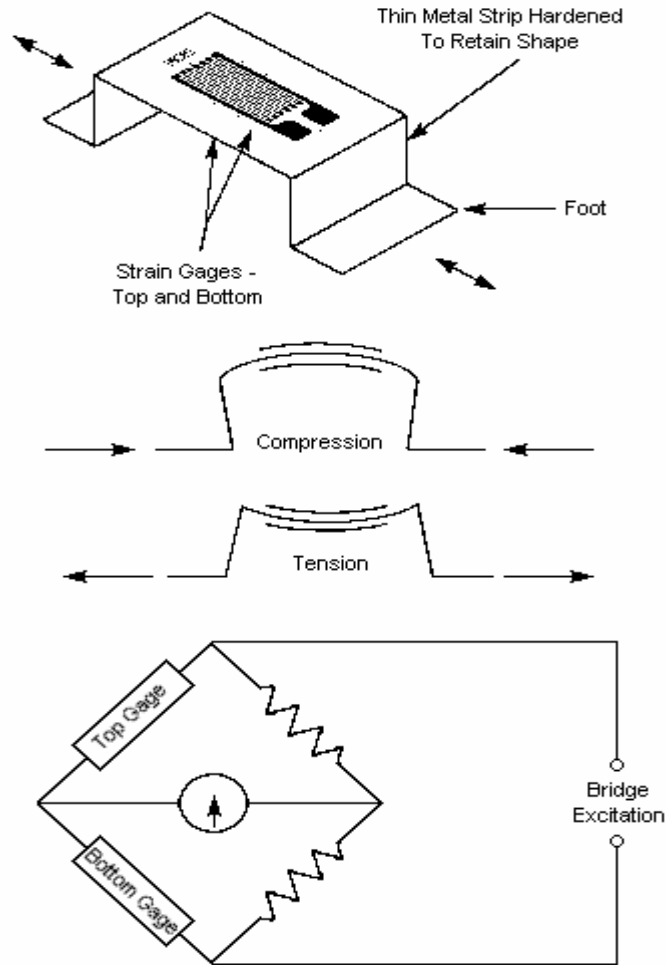


Figura 1 Colocación de la galga.

### 1.2.6 Caracterización

Las galgas son capaces de tener variaciones en su resistencia con el mínimo cambio en sus propiedades físicas, al realizar pruebas sobre su funcionamiento se colocó una sobre un trozo de cobre de forma rectangular y plana; dándose cuenta que con el simple hecho de tomar la pieza se tenían variaciones en la resistencia de la galga.

Al tratar de colocar el trozo de cobre con la galga sobre el guante para tener una idea de su posible posición para la medición de los movimientos no se

obtuvieron resultados satisfactorios, pues se tenía pensado hacer la medición con la elongación que tuviese el material sin embargo se tenía mucho juego del mismo y al momento de regresarlo a su posición inicial después de una elongación no recobraba su forma original, obteniendo una medición de la posición inicial distinta a la tomada en el primer evento de la medición.

Así se pensó en utilizar la forma de puente mostrada en la figura 1 con la diferencia que sólo se coloca una galga sobre el puente, por motivos de costo y de la aplicación ya que solamente el material es estirado en 8 de las mediciones y contraído en una de ellas, obteniendo las 9 mediciones realizadas en el guante.

Para la conexión de la galga en el puente de Wheatstone, 8 son colocadas en la parte inferior y una en la parte superior, el motivo es por lo mencionado en el párrafo anterior; ya que si la galga es colocada en la parte inferior, al momento de estirarse se obtiene a la salida del AO de instrumentación un valor positivo, lo mismo sucede con la superior al momento de contraerse.

En el caso de que las galgas se colocaran en posición inversa a la mencionada, se obtenían valores negativos en la salida del AO; el motivo es por el offset que se aplica en el operacional, será mencionado más detallado en la descripción del AO de instrumentación.

Finalmente, con la forma de puente se tenía una mejor respuesta de las variaciones, pero aún continuaba en pequeña escala la deformación del material al momento de regresar a su posición original, ya que no regresaba por completo a la posición original. Por ello se ideó colocar un resorte en la parte interior del puente para que en el momento de estirar o contraer el puente se regresara a su forma original. Así se logró que las variaciones de la resistencia fueran lo más exactas posibles; se tiene un pequeño error ya que la galga es muy sensible, sin embargo por lo pequeño que es, se puede decir que es despreciable.

La figura 2 muestra la galga, el puente y el resorte implementados; se puede observar que el resorte es estirado al momento de que el puente es expandido provocándose una tensión (mecánica no eléctrica) en el resorte que obliga al puente a volver a su posición inicial en el momento que se deja de aplicar la fuerza que provoca la tensión (caso inverso al contraerse):



Figura 2 Puente con galga y resorte.

### 1.2.7 Aplicación en el sistema

Los transductores utilizados para realizar la medición de los movimientos del guante son galgas extensiométricas de la serie EP-250, son colocadas sobre una base de cobre y a la base se le dió la forma de un puente, para que cuando sean colocadas en el guante, se acoplen a las características del guante y de los movimientos del mismo. Al estar funcionando el sistema y la galga tener movimientos, se produce un cambio de resistencia en sus características; y como previamente se debieron ajustar los límites inferior y superior de cada uno de los movimientos con ayuda de los potenciómetros, pues se tiene una variación de voltaje, demasiado mínima pero con ayuda del puente de Wheatstone, el cambio es detectable. Enviándose dichos cambios a los amplificadores operacionales de instrumentación.

La figura de abajo muestra la conexión de una galga en la parte superior del puente de Wheatstone, una fue colocada en la parte superior para el movimiento del hombro que es una contracción del puente y en la parte inferior para las 8 posiciones restantes que son expansiones del puente (codo, antebrazo, muñeca y dedos).



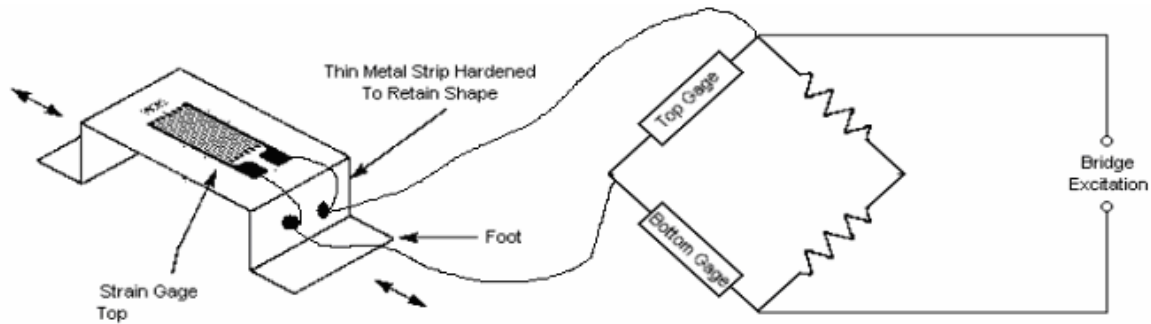


Figura 3 Conexión de las galgas.

### 1.3 Amplificadores Operacionales

El concepto original del AO (amplificador operacional) procede del campo de las computadoras analógicas, en las que comenzaron a usarse técnicas operacionales en una época tan temprana como en los años 40. El nombre de amplificador operacional deriva del concepto de un amplificador DC (amplificador acoplado en continua) con una entrada diferencial y ganancia extremadamente alta, cuyas características de operación estaban determinadas por los elementos de realimentación utilizados. Cambiando los tipos y disposición de los elementos de realimentación, podían implementarse diferentes operaciones analógicas; en gran medida las características globales del circuito estaban determinadas sólo por estos elementos de realimentación. De esta forma, el mismo amplificador era capaz de realizar diversas operaciones, y el desarrollo gradual de los amplificadores operacionales dió lugar al nacimiento de una nueva era en los conceptos de diseño de circuitos.

El uso generalizado de los AO's no comenzó realmente hasta los años 60, cuando empezaron a aplicarse las técnicas de estado sólido al diseño de circuitos amplificadores operacionales, fabricándose módulos que realizaban la circuitería interna del amplificador operacional mediante diseño discreto de estado sólido. Entonces, a mediados de los 60, se introdujeron los primeros amplificadores operacionales de circuito integrado. En unos pocos años los amplificadores operacionales integrados se convirtieron en una herramienta estándar de diseño,

abarcando aplicaciones mucho más allá del ámbito original de las computadoras analógicas.

El siguiente diagrama (figura 4) muestra el símbolo esquemático del amplificador operacional estándar, las partes que lo conforman y sus nombres:

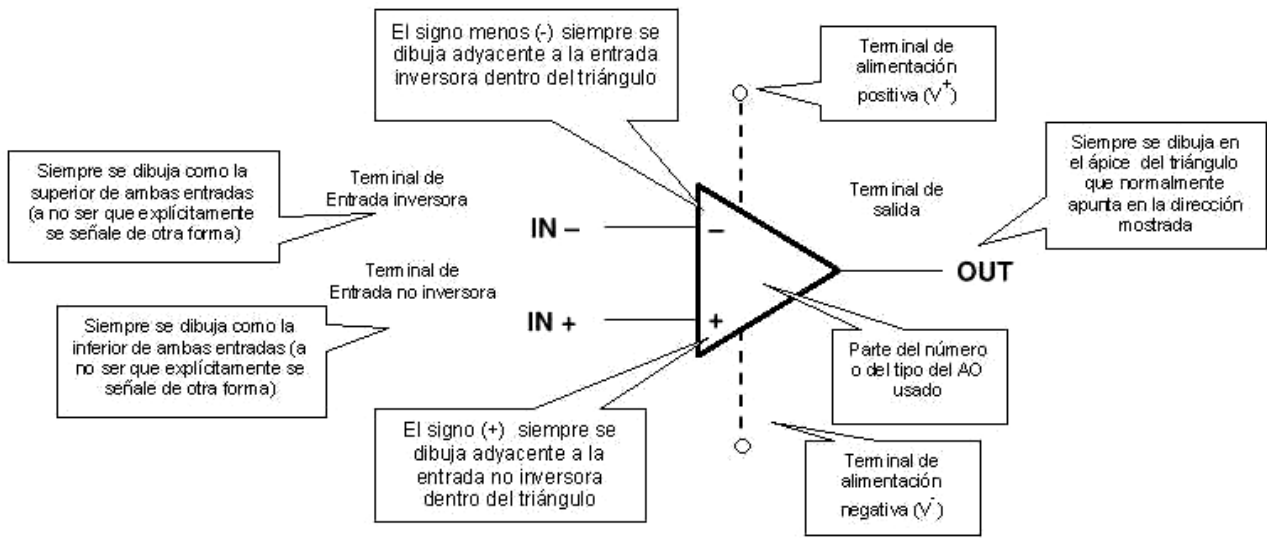


Figura 4 Diagrama esquemático de un AO.

### 1.3.1 Modos de operación

Los amplificadores operacionales prácticos tienen ganancia de tensión muy alta (típicamente  $10^5$ ), sin embargo esta ganancia varía con la frecuencia. Para contrarrestar esto, se utilizan elementos externos para retroalimentar una porción de señal de la salida en la entrada. Con realimentación, la ganancia de lazo cerrado depende de los elementos de realimentación y no de la ganancia básica de tensión del amplificador operacional. Los circuitos que utilizan amplificadores operacionales, resistencias y capacitores, se pueden configurar para realizar diversas operaciones como sumar, restar, integrar, filtrar, comparar y amplificar.

### 1.3.2 Modo inversor

La tensión (voltaje) de salida se obtiene al multiplicar la entrada por una ganancia fija constante, establecida por la relación entre  $R_f$  y  $R$ , la figura 5 muestra su diagrama y las fórmulas utilizadas para el cálculo del voltaje en la salida. Debe hacerse notar que como la terminal no inversora se encuentra conectada a tierra y la señal llega por la inversora, la señal resultante es invertida con respecto a la que se está aplicando en la entrada.

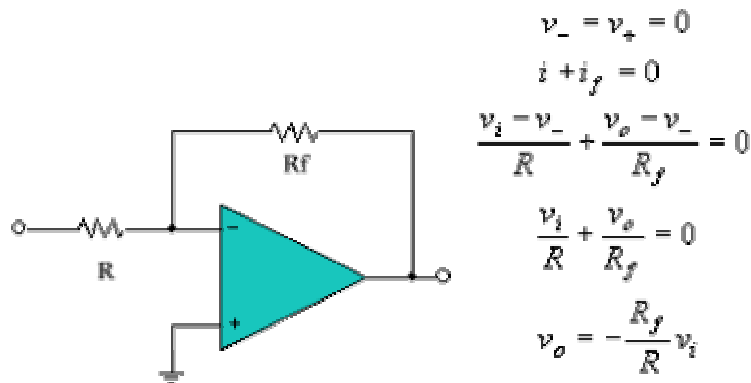


Figura 5 Diagrama y fórmulas del AO en modo inversor.

### 1.3.3 Modo no inversor

El voltaje de entrada es aplicado en la terminal no inversora obteniéndose así una tensión de salida proporcional a la tensión de entrada. Hay que darse cuenta que la fase de  $v_o$  respecto a  $v_i$  es la misma. Aparentemente la figura 6 es la misma a la anterior, sin embargo debe notarse como se explica al inicio del párrafo que la señal de entrada es aplicada en la terminal no inversora, el diagrama y las fórmulas para determinar el voltaje resultante se muestran en seguida.

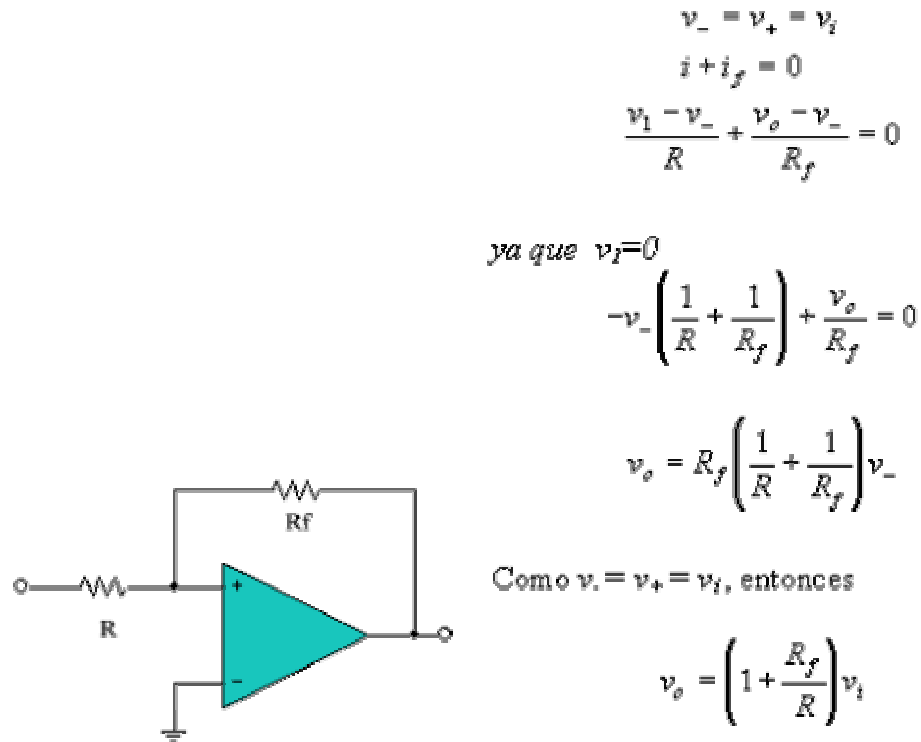


Figura 6 Diagrama y fórmulas del AO en modo no inversor.

### 1.3.4 Modo diferencial

El caso más general de configuración es una combinación de los dos modos anteriores. Es decir, permitir entrada tanto por la inversora como por la no inversora, la señal de salida será proporcional a la diferencia entre las entradas, y estará en fase con las señales aplicadas. Como se puede observar en la figura 7 la resultante es la diferencia entre la señal de la terminal no inversora menos la señal aplicada en la terminal inversora.

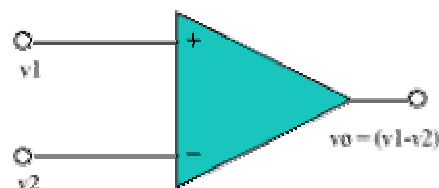


Figura 7 Diagrama y fórmula del AO en modo diferencial.

### 1.3.5 Amplificador operacional de instrumentación

Después de dar una pequeña introducción a lo que son los amplificadores operacionales, a continuación se explicarán las características y motivos de la selección del INA126.

Los INA 126 son amplificadores operacionales de instrumentación usados para obtener una señal diferencial de bajo ruido y de precisión. El diseño de sus dos AO's provee excelente funcionamiento con un pequeño consumo de corriente ( $175\mu\text{A}/\text{canal}$ ), con un rango de operación de voltaje de  $\pm 1.35\text{ V.}$  a  $\pm 18\text{ V.}$ ; la combinación de éstas características da como resultado que sea ideal para instrumentación portátil y sistemas de adquisición de datos. La ganancia puede ser ajustada de 5 v/v a 10000 v/v con la simple colocación de una resistencia, colocada entre las terminales 1 y 8. La fórmula para el cálculo de la ganancia es la siguiente:

$$G = 5 + \frac{80\text{k}\Omega}{R_G}$$

La siguiente figura (figura 8) muestra la conexión básica para la operación del AO de instrumentación, se puede notar que la salida está referenciada a la terminal de la salida de referencia (Ref) que se encuentra normalmente conectada a tierra. Provocando una conexión de baja impedancia para asegurar un buen rechazo en modo común.

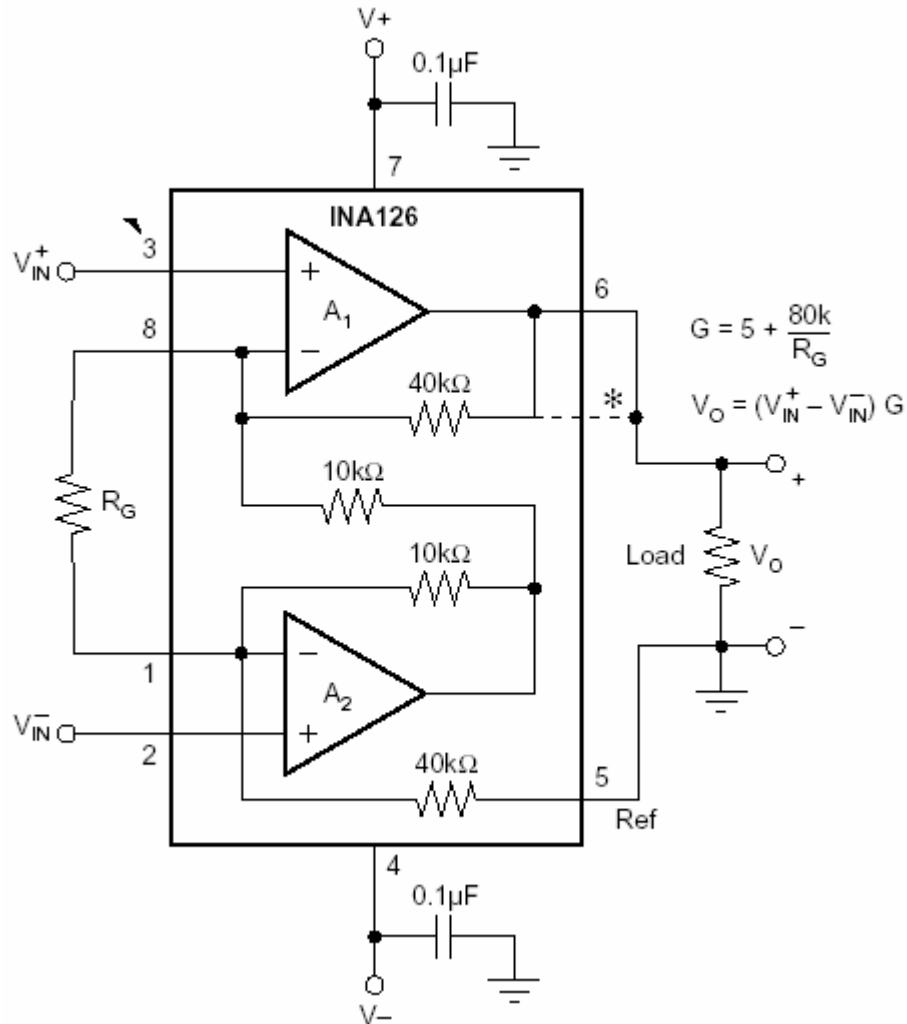


Figura 8 Conexión básica de un AO de instrumentación.

### 1.3.6 Aplicación en el sistema

El rango de operación de los INA126 se encuentra entre  $\pm 1.35\text{V}$ . y  $18\text{V}$ ., la mayoría de los parámetros como frecuencia, distorsión armónica, etc., varía muy poco éste rango de voltaje. En el caso de que se esté suministrando un voltaje muy pequeño, se requiere de tener mucho cuidado para asegurarse de que el voltaje en modo de rechazo común permanezca en rango lineal para evitar voltajes de salida inválidos.

Es posible hacer funcionar este operacional con una sola alimentación de voltaje, pues la salida de voltaje se establece en ambos de los operacionales internos dando como resultado que se establezca un voltaje en la terminal de referencia. El circuito utilizado en el sistema es un amplificador con puente operado con una sola alimentación de 5 volts, el puente da una entrada de voltaje en modo común de aproximadamente 2.5 volts con una pequeña diferencia de voltaje.

El diagrama es el que se presenta al final del párrafo (figura 9), debe hacerse notar que en la figura mostrada se tiene una referencia de 1.2 volts esto es para que en caso de tener valores de entrada negativos, a la salida obtengamos uno positivo, es decir; se aplica un nivel de offset al circuito:

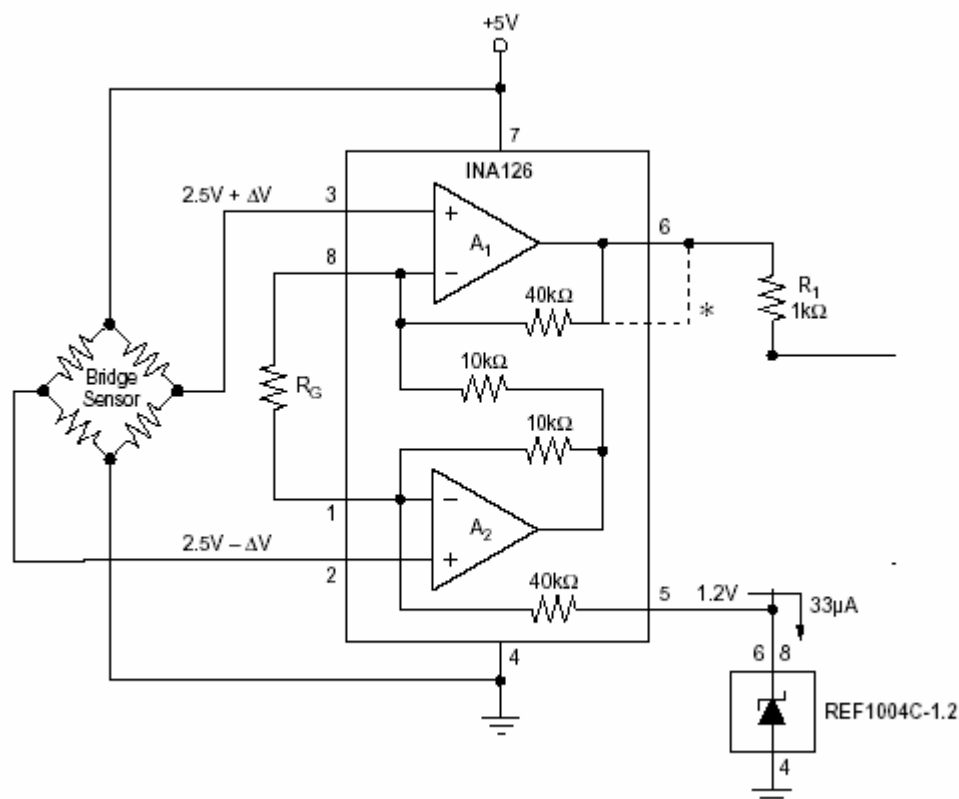


Figura 9 Diagrama de conexión utilizado para el AO y el transductor.

En uno de los extremos del puente, se coloca el transductor (galga) para que esté enviando los cambios que tenga, después se amplifica la señal; esto se describe en el capítulo del funcionamiento y operación del sistema. Se utiliza un puente de Wheatstone por que se miden valores muy pequeños de variación en el transductor.

### 1.3.7 Caracterización

Al iniciarse las pruebas con la galga como se mencionó anteriormente se obtenían valores extraños y muy inestables al corregirse, ahora el problema radicaba en qué ganancia aplicar al AO de instrumentación para obtener un valor entre 0 y 5 volts a la salida.

Primeramente se aplicó una ganancia de 100 veces, pues la medición de la galga es bastante pequeña; sin embargo como resultado se obtenía la saturación del AO, entonces se cambió la resistencia para obtener una ganancia de 10 veces con lo que se obtenía un buen funcionamiento del operacional.

Una vez que la posición de la galga y la ganancia eran correctas, el detalle era cómo establecer la referencia de 1.2 volts que se encuentra en el pin 5 del AO, ya que los integrados REF-1004C-1.2 que llegaron son de montaje superficial lo que hace imposible trabajar con ellos en un proto board y sobre todo si ya es difícil el soldar los componentes de tamaño normal (DIP) en un impreso, con los de montaje superficial el trabajo se dificulta a gran escala. Por ello se sustituyó el uso de los integrados de referencia por dos diodos encontrados.

Los diodos mantienen un voltaje entre sus terminales de 0.7 volts (teóricamente) al colocarse en serie y encontrados, el voltaje obtenido en los extremos de ambos es de aproximadamente 1.2 o 1.3 volts dependiendo de las características y estado de los diodos. Así se obtuvo un voltaje de referencia aproximado al marcado en el diagrama de la figura 9.



El siguiente paso fue el utilizar potenciómetros de precisión (trimpot's) para el ajuste del offset y la ganancia en cada una de las galgas, ya que al encontrarse en posiciones distintas y colocadas varios lugares del guante cada una debe de ser ajustada individualmente para especificar los puntos de inicio y fin de los movimientos para que el sistema obtenga los 0 y 5 volts deseados como puntos de inicio y fin respectivamente. El rango de voltaje mencionado es para poder trabajar digitalmente con las señales una vez convertidas, 0 volts para el valor lógico de 0 y 5 volts para el valor lógico de 1.

Con la ayuda de los potenciómetros el offset obtenido a la salida del AO es ajustado a un nivel 0 y el valor se amplifica para que en el valor máximo de la medición del transductor se obtengan 5 volts. Por lo regular con tres ajustes por sensor es más que suficiente para calibrar el sistema.

### 1.3.8 Amplificador operacional TL 082

El TL 082 es un amplificador operacional de bajo consumo de energía, con amplios rangos de voltaje en modo común y en modo diferencial, sin olvidar una alta velocidad de recuperación; características que lo hacen ampliamente recomendable para su uso en el sistema.

Es utilizado en el sistema para recibir las señales provenientes de los tres multiplexores pertenecientes a las señales de las galgas, offset's y ganancias. Se encuentra en una configuración de sumador-diferencial, es decir; a la terminal no inversora se alimentan las señales de los multiplexores pertenecientes a los INA's y offset's, por consiguiente la inversora es alimentada con la señal del multiplexor de las ganancias.

Con la configuración anterior se logra que a la salida del operacional se obtenga el valor de la posición de cada una de las galgas, a posición me refiero a el nivel de estiramiento (o contracción en uno de los casos) que tiene el puente de

cobre, con ello la posición del movimiento realizado. Una vez que la señal es recibida se amplifica en un factor de 10 v/v para obtener el rango de valores deseado, ya que la ganancia seleccionada en el AO de instrumentación fue variada al utilizar los trimpot's para el ajuste de los puntos de inicio y fin como se mencionó en párrafos anteriores. La salida del TL 082 es enviada al convertidor análogo-digital para su conversión a valores digitales.

A continuación se muestra el diagrama que ejemplifica la aplicación del operacional:

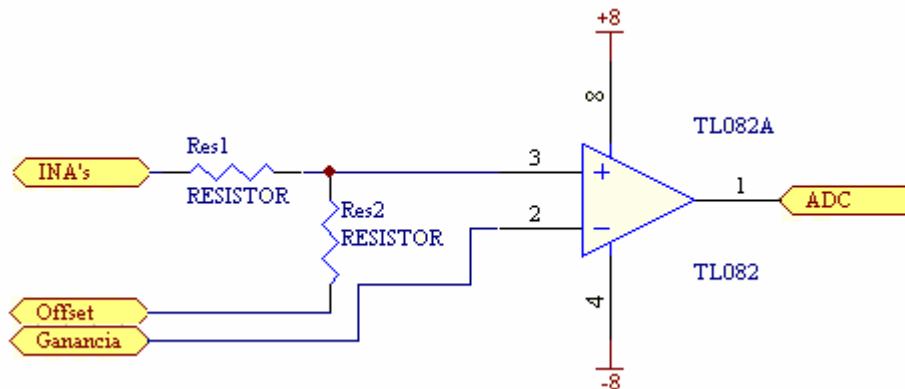


Figura 10 Circuito de aplicación del TL 082.

## 1.4 Multiplexores

El siguiente paso fue multiplexar las 27 señales provenientes de los transductores y sus respectivos potenciómetros para poder obtener mayor velocidad y simplificar el manejo de las señales. Multiplexaje es la combinación de múltiples canales de información en un medio común de transmisión de alta velocidad. Multiplexar la información es la mejor manera de aprovechar la utilización de enlaces de alta velocidad.

Los multiplexores son circuitos realmente importantes en el diseño de sistemas que requieran un cierto tráfico y comunicación entre distintos

componentes y controlándose en todo momento que componente es quien se encuentra enviando los datos.

En realidad se puede asimilar a un selector, por medio de una entrada de control se selecciona la entrada que se desee reflejada en la salida. Esto se consigue utilizando principalmente compuertas XOR, de ahí su nombre `multiple_xor`.

El multiplexor analógico se considera como una red de conmutadores con una conexión común de salida que selecciona una de las múltiples entradas analógicas. La señal de salida es una réplica de la de entrada con una pequeña parte de error. Un multiplexor tiene varias entradas, una salida y unos bits de control, según el valor que se encuentre en los bits de control pondrán en la salida el valor de una entrada por ejemplo si tenemos 4 entradas necesitaremos 2 bits de control para poder seleccionar todas las entradas. Si los bits valen 00 el valor de la primera entrada se colocará en la salida si los bits valen 01 el valor de la segunda entrada se colocara en la salida y así sucesivamente. Un decodificador tiene una entrada de varios bits y muchas salidas de un bit dependiendo del valor que se ponga en la entrada se activara una de las salidas, es el inverso.

#### 1.4.1 Tipos de multiplexaje

Existe:

- Multiplexaje por distribución de frecuencia.
- Multiplexaje por distribución de tiempo.
- Multiplexaje por distribución de estadística de tiempo.

En el sistema se utiliza el multiplexado por distribución de tiempo, puesto que a cada señal de entrada se le asigna el mismo tiempo para su entrada al multiplexor.

### 1.4.2 Multiplexor analógico 4067

El multiplexor analógico 4067 cuenta con direccionamiento decodificado, los interruptores que tiene son controlados digitalmente teniendo baja impedancia de entrada y poca corriente de fuga a la salida, también tiene una resistencia de entrada relativamente constante y ligeramente mayor a al rango de las resistencias de entrada. Es un multiplexor de 16 canales con control de entradas binario (A, B, C, D) y una entrada de inhibición; así que cualquier combinación de las entradas puede ser seleccionada.

En la siguiente figura se muestra el diagrama funcional de selección de las salidas, se puede observar que dependiendo del valor que se encuentre en las entradas de control es el canal seleccionado. Dentro de las propiedades de este circuito integrado se puede destacar que funciona como multiplexor o como demultiplexor, para el sistema únicamente se utilizó como multiplexor.

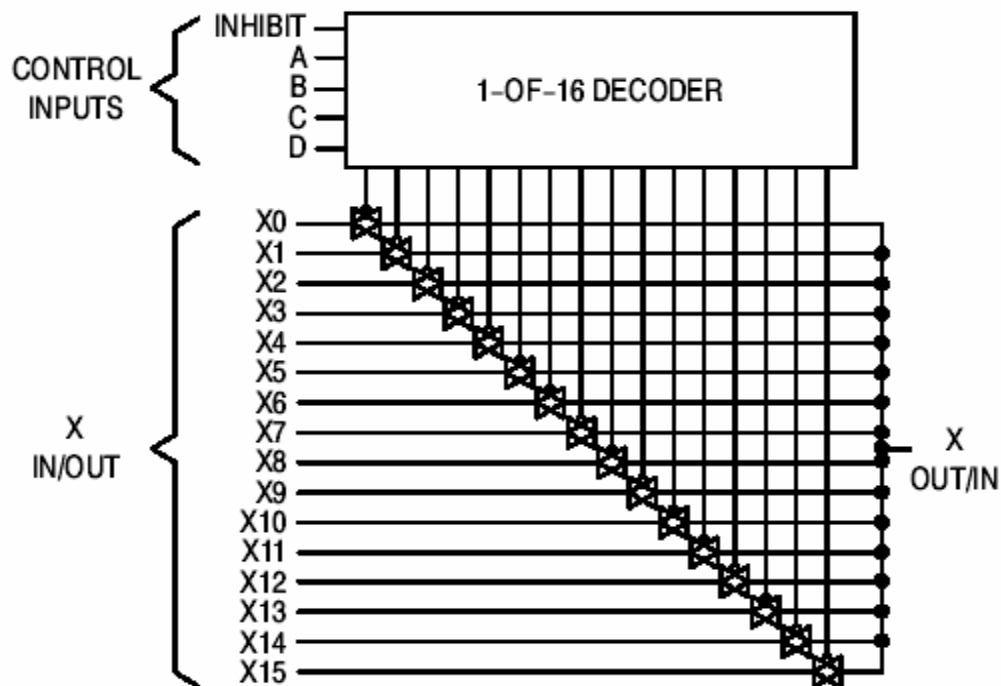


Figura 11 Diagrama funcional del mux 4067.

La tabla de verdad de la selección de los canales es mostrada en la figura 12:

Control Inputs					Selected Channel
A	B	C	D	Inh	
X	X	X	X	-	None
0	0	0	0	0	X0
1	0	0	0	0	X1
0	1	0	0	0	X2
1	1	0	0	0	X3
0	0	1	0	0	X4
1	0	1	0	0	X5
0	1	1	0	0	X6
1	1	1	0	0	X7
0	0	0	1	0	X8
1	0	0	1	0	X9
0	1	0	1	0	X10
1	1	0	1	0	X11
0	0	1	1	0	X12
1	0	1	1	0	X13
0	1	1	1	0	X14
1	1	1	1	0	X15

Figura 12 Tabla de verdad del mux 4067.

### 1.4.3 Aplicación en el sistema

Se utilizan cuatro multiplexores del tipo 4067, tienen como entradas analógicas las nueve señales provenientes de las galgas, nueve del offset y nueve de la ganancia para los tres primeros; las señales del cuarto son utilizadas para generar la secuencia de despliegue en la matriz de led's.

Los tres primeros tienen controlada su cuenta por un contador 4516 para que solamente se haga una cuenta 9+1 ciclos y con esto reiniciar la cuenta para que vuelva con la primera galga, debido a la velocidad del sistema el muestreo de las señales es bastante rápido y no hay preocupación por pérdida de señales a muestrear. Aunque el multiplexor es de carácter analógico, al utilizar las señales provenientes del contador 4516 se convierte en un modelo híbrido, es decir; tiene

una parte digital utilizada para el conteo de las nueve mediciones y una parte analógica para el manejo de las señales, el contador se describe en el capítulo correspondiente al hardware digital.

El último multiplexor recibe la cuenta mencionada, aunque ahora las entradas funcionan como salidas conectadas a la matriz, el pin I/O antes utilizado como salida es conectado a un nivel bajo para que en la matriz de led's se genere el despliegue de los 9 datos de ocho bits que son escritos o leídos en la memoria, según el tipo de configuración que se tenga; posteriormente se profundizará en el funcionamiento. La señal de inhibición es manipulada para el control del envío a la salida, por lo que en la configuración utilizada se encuentra en un nivel bajo para que siempre esté muestreando y enviando las señales multiplexadas, dichas salidas son enviadas a un amplificador operacional para el aumento de su ganancia que es el TL 082 descrito anteriormente y posteriormente al convertidor análogo digital (ADC).

En la figura 13 se muestra la conexión de los cuatro multiplexores:

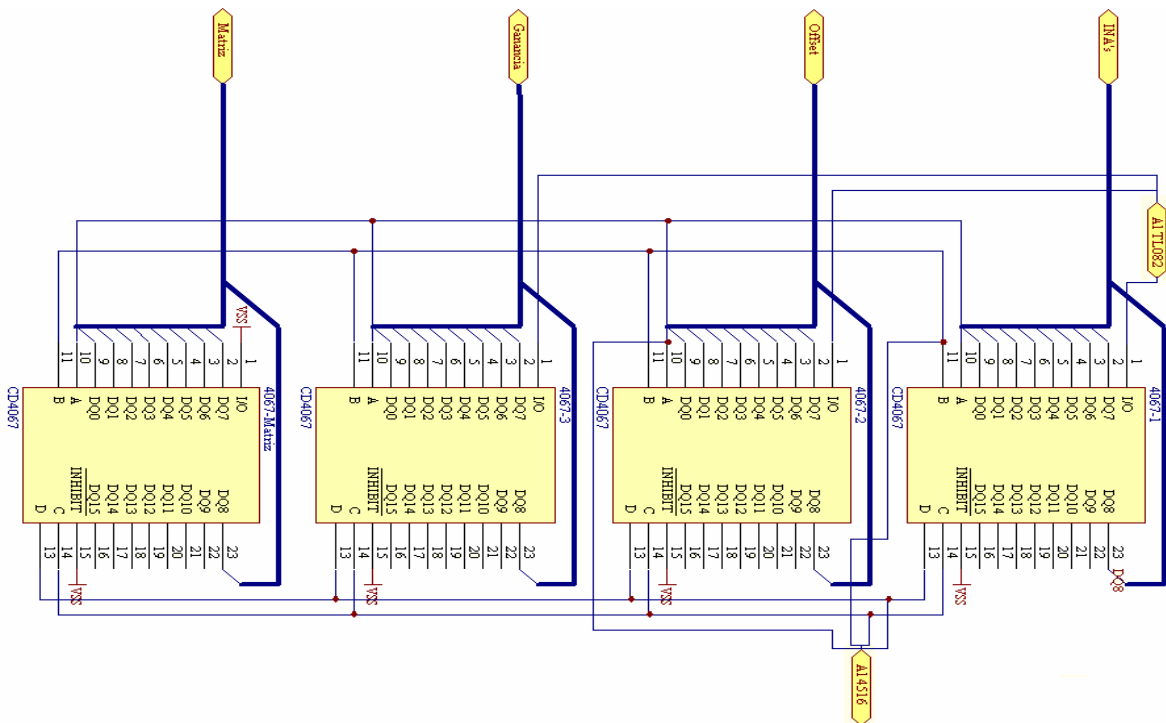


Figura 13 Diagrama de conexión de los multiplexores.