

870117

Universidad Autónoma de Guadalajara

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

42 E. gen.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

"DETECTOR DE NIVEL DE MATERIALES SOLIDOS POR
MEDIO DE EFECTO CAPACITIVO"

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA

HERNAN TENORIO RODRIGUEZ

GUADALAJARA, JAL., 1989



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

INTRODUCCION	1
* Analisis del problema.	
* Objetivo	
ANTECEDENTES	2
* Ventajas	
* Limitaciones	
* Diagrama de bloques	
CAPITULO 1 DISEÑO DE LA ETAPA SENSORA Y TRANSDUCTORA	4
* Principio capacitivo	
- Capacitancia y su cálculo.	
- Capacitor de placas planas y paralelas.	
- Capacitor formado por dos electrodos esféricos concéntricos.	
- Esfera aislada	
- Cilindros concéntricos	
- Polarización de la materia	
- Momento dipolar	
- Constantes dieléctricas	
- Rigidez dieléctrica	
* Transductor	
* Principio de operación	
CAPITULO 2 CONVERTIDOR DE CORRIENTE ALTERNA A CORRIENTE CONTINUA	19
* Conversión de corriente alterna a corriente continua o circuito MAV.	
* Amplificador de valor absoluto	
* Convertidor de corriente alterna a corriente continua	
CAPITULO 3 CONVERTIDOR ANALOGICO / DIGITAL	23
* Convertidor A / D	
CAPITULO 4 DISEÑO DE LA ETAPA DE SALIDA Y CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION	29
* Decodificador / driver BCD a 7 segmentos.	
* Características de instalación	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
BIBLIOGRAFIA	39

INTRODUCCION

INTRODUCCION

ANALISIS DEL PROBLEMA

Con el aumento en la aplicación de los procesos continuos, no sólo en las industrias que manejan fluidos, sino también en aquellas industrias que manejan grandes cantidades de materiales sólidos, la importancia de los métodos para medición y control de nivel se ha incrementado considerablemente.

Los procesos industriales en la actualidad exigen un control confiable y preciso de gran cantidad de variables. La medición y el control de estas magnitudes es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso industrial utilizado, como de la mayor seguridad alcanzada en las operaciones de las plantas.

Como el material a medir en los contenedores puede ser de muy diversa naturaleza, ya que pueden ser sólidos (grava, polvos, granulares, etc.) o líquidos (con alta o baja densidad y posiblemente corrosivos), las técnicas utilizadas para la medición o detección de nivel son igualmente diversas.

SOLIDOS

Arena
Grava
Cemento
Minerales
Trigo
Harinas
Azúcar
Arroz

LIQUIDOS

Agua
Vinagre
Jugos de fruta
Cerveza
Vino
Leche
Glicerina
Aceites
Mieles

El nivel de materiales, ya sean sólidos o líquidos, es una variable de proceso de gran importancia en la instrumentación industrial, la cual proporciona información vital acerca de:

(1) La cantidad de materia prima de que se dispone para un proceso determinado.

(2) La capacidad de almacenamiento de que se dispone para los productos que se elaboran.

(3) Lograr que la operación del proceso sea o no satisfactoria.

En su esencia final, la medición del nivel se reduce a la medición de una posición, es decir, la posición (altura) de una superficie de material con respecto a un plano de referencia.

ANTECEDENTES

OBJETIVO

Con este diseño se pretende, esencialmente, detectar el nivel de materiales líquidos o sólidos por medio del efecto electro - capacitivo. Una vez diseñado este sensor, podrá aplicársele un sistema de control adecuado que permita mecanizar (automatizar) el sistema y, de esta forma, eliminar posibles errores humanos de operación; aunque este último punto queda fuera de los objetivos fijados para esta tesis.

Se explicarán en detalle los aspectos técnicos de cada una de las partes en las que se ha dividido el sistema al hacer el desarrollo por capítulos y se analizarán los aspectos generales de su instalación.

A N T E C E D E N T E S

VENTAJAS

El sistema capacitivo tiene múltiples ventajas. La parte sensora o elemento primario puede ser fabricado en forma simple y robusta. No tiene partes móviles.

Puede ser construido para soportar ambientes muy abrasivos así como altamente corrosivos. Puede proporcionar un funcionamiento consistente y preciso con un mínimo mantenimiento cuando el equipo está correctamente aplicado.

La utilización de la medición y control del nivel puede aplicarse con ventajas para mantener la capacidad de los recipientes de proceso dentro de límites prácticos.

Cuando se emplea la medición y el control de nivel no es necesario el uso de recipientes de gran tamaño para manejar todo el volumen disponible del material que se trata de someter a proceso, ya que el sistema de control únicamente proporcionará el material requerido para mantener la concentración o altura a cierto valor predeterminado. En consecuencia, los recipientes de mayor volumen se pueden evitar con la correspondiente economía.

Generalmente, los equipos utilizados para la medición de nivel, aprovechando las propiedades físicas de los materiales, son equipos electrónicos. La diferencia principal entre las unidades electrónicas y las unidades mecánicas es la ausencia de partes móviles en las primeras. Las partes que no son movidas mecánicamente no requieren prácticamente ningún tipo de mantenimiento y no están sujetas ni a desgaste ni a fatigas mecánicas del material del que están construidas.

Por lo anteriormente señalado, es posible obtener una operación más económica con los equipos electrónicos, ya que se reducen los costos de mantenimiento así como la susceptibilidad a las fallas. Además, en el caso de equipos de medición, los valores medidos son entregados en forma de voltajes eléctricos o corrientes proporcionales que pueden ser transmitidas a grandes distancias.

LIMITACIONES

Los sistemas capacitivos tienen pocas limitaciones. Cuando los materiales a medir son dieléctricos, la medición puede estar sujeta a los cambios en la constante dieléctrica por efectos de temperatura. Los cambios en la densidad también afectan a la constante dieléctrica a medir.

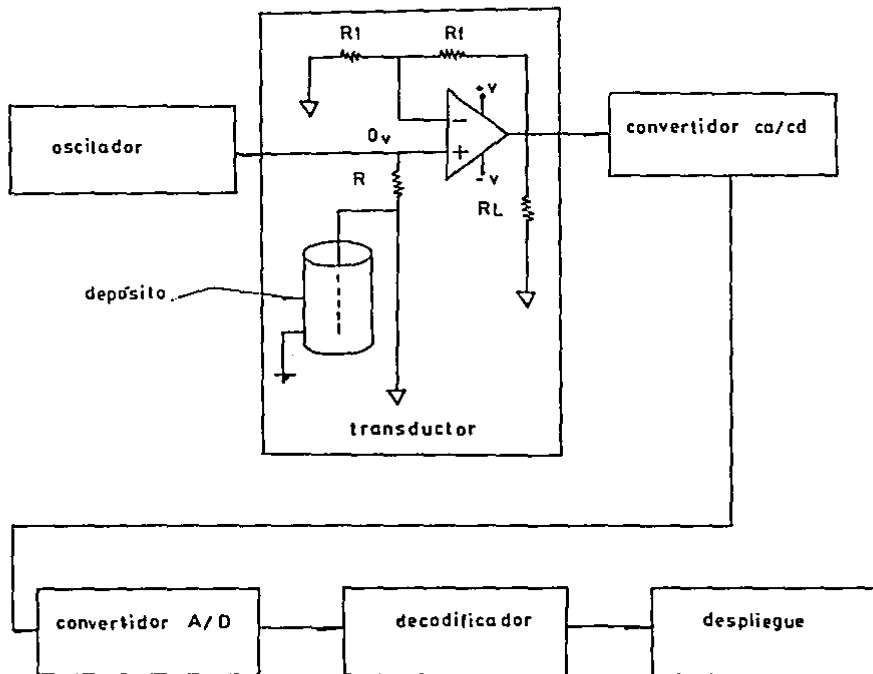


DIAGRAMA DE BLOQUES

CAPITULO 1

PRINCIPIO CAPACITIVO

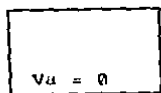
Los niveles de líquidos, así como los de sólidos granulares e interfaces pueden ser medidos por el efecto electro-capacitivo. La capacitancia de un condensador (estructurado por una sonda), varía con el nivel del material en el contenedor, y la medición eléctrica de esta capacitancia nos proporciona una medida directa del nivel.

Uno de los elementos eléctricos básicos que existe es el CAPACITOR. A continuación se estudiará la propiedad básica de los conductores conocida como capacitancia. Se analizará la influencia de los dieléctricos (sustancias aislantes) en las características del capacitor cuando estos se emplean en el espacio comprendido entre los conductores que lo forman.

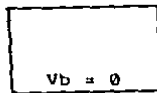
CAPACITANCIA Y SU CALCULO

Consideremos dos piezas metálicas, a las que denominaremos electrodos, sin exceso de carga y separadas una cierta distancia, colocadas en el vacío tal como se muestra a continuación:

Electrodos eléctricamente neutros



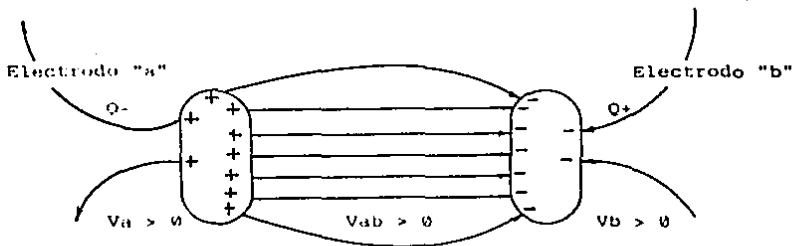
Electrodo "a"

 $V_{ab} = 0$


Electrodo "b"

Por ser cuerpos descargados, el potencial eléctrico de cada uno de los electrodos es cero. Empleando un agente externo que se encargue del transporte de carga de un electrodo a otro, traslademos un electrón del electrodo "a" al electrodo "b".

A partir de ese momento el electrodo "a" adquiere una carga neta positiva y en consecuencia un potencial eléctrico positivo y por lo que respecta al electrodo "b", este adquiere una carga neta negativa y asimismo un potencial eléctrico negativo. Por esta razón, entre las armaduras tendremos una diferencia de potencial que llamaremos V_{ab} ; si el proceso de transporte de carga continúa, se incrementará la carga neta de cada electrodo y en consecuencia, la diferencia de potencial V_{ab} , tal como se muestra a continuación:



Si llamamos Q a la carga que tiene el electrodo "a", el electrodo "b" deberá tener una carga igual en magnitud pero negativa ($-Q$) y se observa que la carga neta del conjunto de electrodos es cero.

En este proceso de carga resulta que a medida que Q aumenta, también lo hace V_{ab} , por lo que es posible establecer una relación de proporcionalidad entre dichas magnitudes: $Q = C V_{ab}$.

Si introducimos en la última expresión una constante de proporcionalidad a la que denominaremos C , se tiene:

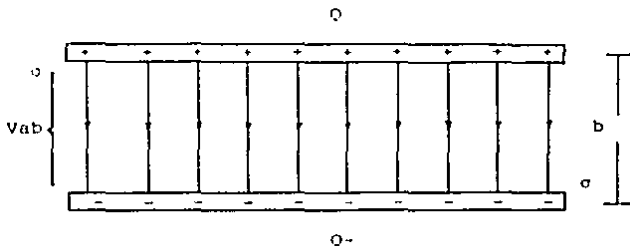
$$Q = C V_{ab} \quad \text{de donde} \quad C = Q / V_{ab}$$

A la constante C se le denomina **CAPACITANCIA** y al dispositivo mostrado en la figura anterior se le denomina **CAPACITOR**.

$$[C] = [Q / V_{ab}] = \text{coulomb} / \text{volt} = C / V = \text{Faradio}$$

CAPACITOR DE PLACAS PLANAS Y PARALELAS

Analicemos el dispositivo formado por un par de electrodos metálicos planos y paralelos, los cuales han sido cargados en forma semejante a la antes descrita. Por el momento consideremos que existe vacío entre dichos electrodos.



De la definición de capacitancia se tiene: $C = Q / V_{ab}$, además de la ley de Gauss, se tiene que el campo eléctrico entre las placas es:

$E = \sigma / \epsilon_0$ y además $\sigma = Q / A$ por lo que $E = Q / A \epsilon_0$. o sea:

$$Q = A \epsilon_0 E$$

Por otro lado se tiene que $V_{ab} = - \int_b^a \vec{E} \cdot d\vec{l}$ de la cual se obtiene:

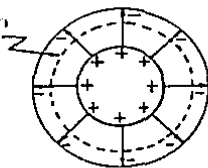
$$V_{ab} = Ed \quad \text{y por sustitución en la expresión de capacitancia:}$$

$$C = A \epsilon_0 E / Ed \quad \text{o sea,} \quad C = A \epsilon_0 / d$$

CAPACITANCIA DE DOS ELECTRODOS ESFERICOS CONCENTRICOS

Calculemos la capacitancia de dos electrodos esféricos concéntricos cargados con igual cantidad de carga pero de signo diferente cada uno.

Superficie Gaussiana Esférica



Capacitor Esférico

Se sabe que $C = Q / V_{ab}$. La diferencia de potencial V_{ab} se puede calcular de la expresión

$$V_{ab} = - \int_b^a \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

Para este tipo de capacitores, observamos que el campo eléctrico entre los electrodos dependerá del valor r , es decir: $E = f(r)$.

Mediante la aplicación de la ley de Gauss a la superficie Gaussiana representada en la figura, se obtiene:

$$E = Q / 4 \pi \epsilon_0 r^2$$

Sustituyendo esta expresión en la anterior se tiene:

$$V_{ab} = - \int_b^a \frac{Q}{4 \pi \epsilon_0 r^2} dr = \left(\frac{Q}{4 \pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right) \right)$$

Sustituyendo esta última expresión en la definición de capacitancia se obtiene:

$$C = \frac{Q}{\frac{Q}{4 \pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right)} \quad \text{o sea} \quad C = 4 \pi \epsilon_0 \left(\frac{r_a r_b}{r_b - r_a} \right)$$

ESFERA AISLADA

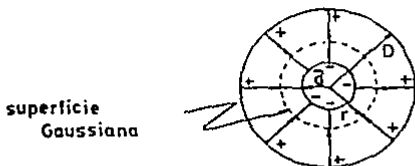
En este caso podemos considerar que el otro electrodo es una esfera concéntrica de radio infinito. Si la esfera b es de radio infinito, se tendrá $rb = \infty$ por lo tanto $1/rb = 0$ sustituyendo en la expresión anterior se tiene:

$$C = 4\pi \epsilon_0 / (1/ra) \quad \text{es decir,} \quad C = 4\pi \epsilon_0 ra$$

CILINDROS CONCENTRICOS

Un capacitor cilíndrico se compone de dos cilindros coaxiales de radios d y D y de longitud L. Supóngase que el capacitor es muy largo (esto es, que $L \gg D$) de tal forma que, para los propósitos de cálculo de la capacitancia, se puede ignorar la curvatura de las líneas de fuerza en los extremos del capacitor.

Sección transversal de un capacitor cilíndrico



Como superficie Gaussiana se construye un cilindro coaxial de radio r y longitud L, cerrado con tapas planas. La ley de Gauss

$$\epsilon_0 \int \vec{E} \cdot d\vec{s} = Q \quad \text{establece que} \quad \epsilon_0 E(2\pi r)L = Q$$

en donde el flujo ocurre completamente en la superficie cilíndrica y no en las tapas externas. Calculando E se obtiene:

$$E = Q / 2\pi\epsilon_0 r L$$

La diferencia de potencial entre las placas está dada por:

$$V_{ab} = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{L} = \int_a^b E \, dr = \int_a^b \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 L} \frac{dr}{r} = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 L} \ln \frac{D}{d}$$

por último la capacitancia queda determinada por :

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln (D/d)}$$

lo mismo que la relación para el capacitor de placas paralelas, esta última relación depende sólo de factores geométricos l , b y a . Nótese que E y $d\ell$ apuntan en direcciones opuestas.

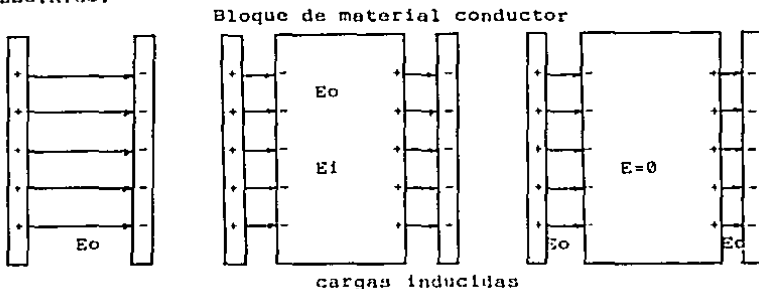
POLARIZACION DE LA MATERIA

Cuando cualquier cuerpo descargado se coloca dentro de un campo eléctrico, se produce en él una redistribución de las partículas cargadas de los átomos de dicho cuerpo, si este es de material conductor, sus electrodos libres se trasladan de tal forma que el volumen del cuerpo constituye una región equipotencial.

Si el cuerpo es de material aislante los electrodos y los núcleos positivos de cada átomo o molécula sufren un desplazamiento debido a la acción del campo, pero en este caso el cuerpo no constituye una región equipotencial; a los materiales que tienen este comportamiento se les conoce con el nombre de DIELECTRICOS.

En los casos descritos, la carga neta del cuerpo es nula; aunque algunas regiones del mismo adquirieron un exceso de carga positiva o negativa. A las cargas que aparecen en la superficie del cuerpo debido al proceso mencionado se les denomina CARGAS INDUCIDAS, y cuando ha ocurrido el desplazamiento de cargas debido a un campo eléctrico, se dice que la materia se ha POLARIZADO. Analicemos la siguiente figura:

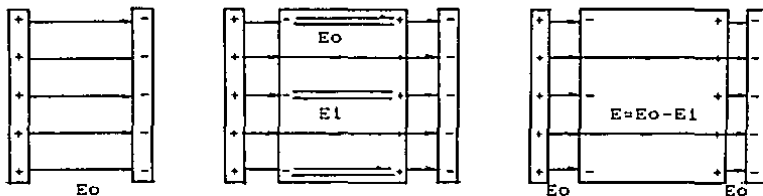
COMPORTAMIENTO DE UN BLOQUE METALICO AL SER INTRODUCIDO EN UN CAMPO ELECTRICO.



- * Campo eléctrico entre dos placas paralelas cargadas.
- * Superposición de los campos eléctricos producidos por las placas cargadas y por las cargas inducidas en el bloque metálico. Observamos que $E_o = E_i$.
- * Campos eléctricos resultantes en el interior y exterior del bloque metálico.

COMPORTAMIENTO DE UN BLOQUE DIELECTRICO AL SER INTRODUCIDO EN UN CAMPO ELECTRICO.

Bloque de material dieléctrico

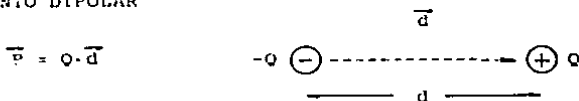


cargas inducidas

- * Campo eléctrico entre dos placas paralelas cargadas.
- * Superposición de los campos eléctricos producidos por las placas cargadas y por las cargas inducidas en el bloque dieléctrico. Observamos que $E_0 > E_1$.
- * Campos eléctricos resultantes en el interior y exterior del bloque dieléctrico.

En los dieléctricos, las cargas de sus moléculas no pueden sufrir desplazamientos semejantes a los que experimentan los electrones de conducción en un bloque metálico; por consiguiente, los desplazamientos originados por fuerzas eléctricas debidas a campos eléctricos externos al dieléctrico, son muy pequeños, y la magnitud de estos dependerá de la mayor o menor rigidez con que las cargas de un átomo o molécula estén unidas.

MOMENTO DIPOLAR



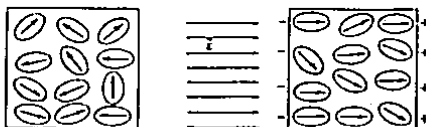
\vec{d} = Magnitud vectorial dirigida de la carga negativa a la positiva.
 d = Es la distancia de separación entre las dos cargas puntuales.
 Q = Representa la magnitud de cualquiera de dichas cargas.

Al sistema de dos cargas de la misma magnitud, de signo contrario y separadas una distancia, se le denomina dipolo eléctrico.

Las moléculas que constituyen los diferentes tipos de dieléctricos se pueden clasificar en dos clases, atendiendo al momento dipolar P de cada una de ellas.

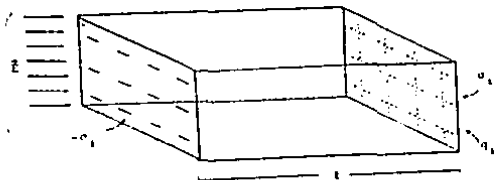
- * Moléculas polares: son aquellas en las que los centros de carga positiva y negativa no coinciden y su comportamiento es el de un dipolo eléctrico.
- * Moléculas no polares: son aquellas que no poseen un momento dipolar; es decir, su centro de cargas positivas coincide con el de cargas negativas.

Al colocar un dieléctrico constituido por moléculas polares dentro de un campo eléctrico, lo que sucede es que los dipolos de dichas moléculas que tenían una orientación totalmente al azar, se orientan en la dirección del campo eléctrico aplicado y el resultado macroscópico es que en las caras del dieléctrico que están frente al campo eléctrico, se presentan CARGAS INDUCIDAS como se muestra a continuación:



Se observa que ya sean moléculas polares o no polares las que constituyen un dieléctrico, el efecto externo de aplicarle un campo eléctrico es el mismo; es decir, en ambos casos en las caras perpendiculares al campo eléctrico se presentan cargas inducidas que hacen que todo el dieléctrico se comporte como un dipolo. Este efecto cesa al interrumpirse el campo eléctrico aplicado.

Consideremos el bloque dieléctrico mostrado a continuación:



Es posible cuantificar el momento dipolar P del bloque, considerándolo como un dipolo del siguiente modo:

$$P = Ql \quad \text{pero } Ql = \sigma l A \quad \text{por lo que} \quad P = \sigma l A$$

Si se divide esta última expresión entre el volumen del bloque, tendremos el momento dipolar en cada unidad de volumen. Y como el volumen del bloque es $V = Al$ se puede concluir que la magnitud del vector polarización es igual a la densidad superficial de carga inducida en el bloque, por lo que sus unidades son idénticas (C/m^2).

CONSTANTES DIELECTRICAS

Al aplicarle a un dieléctrico diferentes intensidades de campo eléctrico, las fuerzas eléctricas sobre las cargas de dicha sustancia varían en relación directa a las intensidades aplicadas. Esto quiere decir que se modificará, en cada caso, el momento dipolar de las moléculas y en consecuencia, la polarización de dicha sustancia. Además, si con una misma intensidad de campo eléctrico se emplean diversas sustancias, la polarización en cada una de ellas será, en general, diferente y esto dependerá de la rigidez con que las cargas en un átomo esten dispuestas.

Es posible definir una magnitud que cuantifique el comportamiento descrito, a la cual le llamaremos SUSCEPTIBILIDAD ELECTRICA, representada por la letra griega ("j") con la cual se puede escribir:

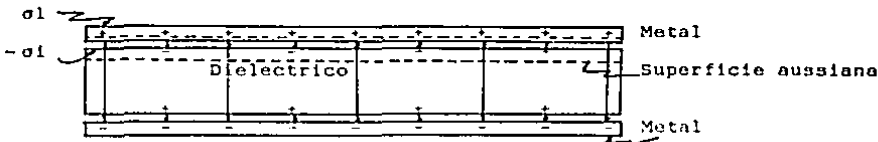
$$P = j E$$

Esta última expresión se convierte en ecuación al introducir en ella una constante de proporcionalidad que, de acuerdo al sistema de unidades, resulta ser la permitividad del vacío, quedando:

$$P = \epsilon_0 j E$$

La susceptibilidad es una cantidad adimensional que nos indica la forma en que se comporta una sustancia al ser introducida en una región en la que existe un campo eléctrico y su valor será típico para cada sustancia.

Analizaremos ahora lo que sucede cuando un bloque dieléctrico se encuentra entre dos placas metálicas cargadas con igual cantidad de carga pero de signos diferentes, tal como se muestra:



Este arreglo no es más que un capacitor de placas planas y paralelas en el que se ha introducido un dieléctrico entre los electrodos. Se ha denominado σ_1 a la densidad superficial de carga en los electrodos y σ_1 a la densidad superficial de carga inducida en las cargas del dieléctrico.

Al aplicar la ley de Gauss a la superficie Gaussiana mostrada y con la expresión

$$\iint E \, ds = \frac{1}{\epsilon_0} \iiint \rho \, dv \quad \text{se obtiene:}$$

$$EA = \frac{1}{\epsilon_0 (\sigma_1 - \sigma_1')} A \quad \text{y el campo eléctrico para todos los}$$

puntos de la cara 1 de la superficie gaussiana está dado por:

$$E = (\sigma_1 - \sigma_1')/\epsilon_0 \quad \text{y recordando que: } P = \epsilon_0 \tau_e E \text{ se obtiene:}$$

$E = (\sigma_1 - \epsilon_0 \tau_e E)/\epsilon_0$ si de esta última expresión se despeja el campo eléctrico E, se tiene:

$$E = \frac{\sigma_1}{\epsilon_0(1 + \tau_e)} \quad \text{donde se define una nueva constante dieléctrica } k_e \text{ a la que se le llama PERMITIVIDAD RELATIVA.}$$

$$k_e = 1 + \tau_e \quad \text{por lo que } E = \sigma_1 / k_e \epsilon_0$$

De esta última expresión se concluye que el campo eléctrico en un punto como el "P", de la figura mostrada, se ve disminuido por el factor $1/k_e$ al introducir en esa región una sustancia dieléctrica. Al producto $k_e \epsilon_0$ se le denomina permitividad del material, es decir:

$$\epsilon = k_e \epsilon_0$$

de esta última expresión se destaca el por que del nombre de k_e como permitividad relativa, ya que su valor depende de la relación entre la permitividad del material y la del vacío; en función de esta nueva constante, el campo eléctrico

$$E = \sigma_1/\epsilon.$$

Podemos concluir diciendo que, el comportamiento de un dieléctrico al estar en presencia de un campo eléctrico, es cuantificable por las constantes del dieléctrico en cuestión (ϵ , ϵ_0 , k_e), aunque cabe resaltar el hecho de que dada la relación existente entre dichas cantidades, al conocer cualquiera de ellas es factible determinar las dos restantes.

$$\epsilon = k_e \epsilon_0 = (1 + \tau_e) \epsilon_0$$

RIGIDEZ DIELECTRICA

Hemos visto que el efecto de colocar un dieléctrico dentro de un campo eléctrico E es la aparición de cargas inducidas en sus caras debido a la polarización que ha experimentado la sustancia. Además, de las expresiones

$$p = \sigma_1 \quad \text{y} \quad P = \epsilon_0 \tau_e E$$

se puede concluir que para un material dado, a mayor intensidad de campo eléctrico se tendrá una mayor densidad superficial de carga inducida.

Si el campo eléctrico aplicado es de magnitud elevada, las fuerzas de origen eléctrico pueden originar una ionización a los átomos o moléculas y este desprendimiento de electrones por efecto de fuerzas eléctricas, origina que dichos electrones se desplacen y el material pierda sus propiedades dieléctricas, y, en algunos casos se destruya por combustión.

Al campo eléctrico que origina la ionización del dieléctrico se le conoce como campo eléctrico de ruptura, y al fenómeno de ionización de la sustancia se le denomina RUPTURA DE LA RIGIDEZ DIELECTRICA.

PROPIEDADES DE ALGUNAS SUSTANCIAS DIELECTRICAS

DIELECTRICO	SUSCEPTIBILIDAD (te)	PERMITIVIDAD RELATIVA (ke)	CAMPO ELECTRICO DE RUPTURA (MV/m)
Aire	0.00059	1.00059	3.8
Bakelita	3.8	4.8	12
Mica	2-5	3-6	160
Neopreno	5.9	6.9	12
Papel	2.5	3.5	14
Poliétileno	1.3	2.3	50
Porcelana	5.5	6.5	4
Vacio	0	1	= infinito
Vidrio	3.5	4.5	13

El estudio hecho hasta el momento del PRINCIPIO CAPACITIVO es de gran utilidad para comprender el comportamiento real que se presenta conforme el nivel de un material dieléctrico varía en un contenedor o depósito.

T R A N S D U C T O R

La variación de NIVEL, que se presenta conforme la cantidad de material aumenta o disminuye dentro del depósito, no podría de ninguna forma ser interpretada como una variación de CAPACITANCIA, sin la existencia de un elemento TRANSDUCTOR.

Todo SISTEMA DE INSTRUMENTACION consiste generalmente de tres elementos principales: un dispositivo de ENTRADA, un acondicionador de la señal o dispositivo PROCESADOR, y un dispositivo de SALIDA. El dispositivo de entrada recibe la cantidad bajo medición y la entrega al acondicionador de la señal en una forma de onda proporcional a ella. En el acondicionador la señal es amplificada y modificada para que sea aceptada por el dispositivo de salida.

La cantidad de entrada de la mayoría de los sistemas de instrumentación es no eléctrica. Para el caso específico de este diseño la cantidad de entrada está representada por un NIVEL de un cierto material el cual debe ser detectado. Para poder emplear los métodos eléctricos en la manipulación, medida y control, la cantidad no eléctrica (NIVEL DEL MATERIAL) se debe convertir en una señal eléctrica por medio del dispositivo conocido como TRANSDUCTOR. Este dispositivo debe convertir, pues, una variación de NIVEL en una correspondiente variación de CAPACITANCIA ELECTRICA.

En este diseño, el transductor es el dispositivo de entrada que transforma la variación del NIVEL (cantidad física) en una cantidad eléctrica proporcional (variación de CAPACITANCIA ELECTRICA).

El tipo de transductor capacitivo empleado en este diseño se basa en el principio de modificación de la CONSTANTE DIELECTRICA del material empleado conforme el NIVEL de este cambia entre un par de electrodos de área conocida y que, en este caso en particular, constituyen el depósito en cuyo interior se desean detectar los cambios de nivel que experimenta un material.

La constante dieléctrica varía conforme al nivel del material, por lo que, la CAPACITANCIA entre los electrodos es una indicación directa del NIVEL al que se encuentre.

Este tipo de transductores capacitivos encuentran amplia aplicación en dispositivos detectores de nivel de materiales sólidos granulados así como de líquidos no conductores.

La etapa sensora de este diseño está constituida electrónicamente por un simple circuito RC alimentado por un oscilador de ondas senoidales sintonizable. El capacitor de este circuito está representado por el depósito (par de electrodos) antes mencionado.

OSCILADOR DE ONDAS SENOIDALES SINTONIZABLE

Para suministrar potencia a las mediciones o instrumentos electrónicos, se necesitan fuentes de potencia tanto de dc como de ca.

El oscilador produce un voltaje de salida cuya magnitud oscila entre valores positivos y negativos.

En el oscilador, una variación natural de voltaje sinusoidal toma lugar dentro de una porción del circuito del oscilador (cuando inicialmente se excita esta porción). La frecuencia de oscilación se determina por los valores de los componentes eléctricos comprendidos en esa porción del circuito.

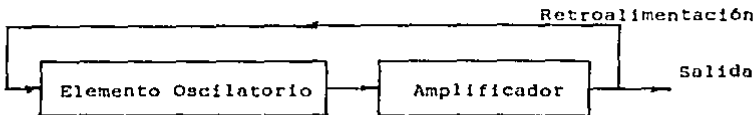
El voltaje natural de oscilación se amplifica electrónicamente y la señal resultante amplificada se usa como la salida del oscilador. Sin embargo, una pequeña porción de la salida amplificada se toma y se retorna a la parte oscilatoria del circuito (retroalimentación).

Realimentando una fracción de la señal de salida se logra permanecer en fase con las oscilaciones naturales del voltaje y contrarrestar las pérdidas que conducirían a una disminución de la amplitud del voltaje. La frecuencia de la salida del oscilador se puede variar cambiando los valores de los componentes eléctricos que forman parte de la porción oscilatoria del circuito.

Un oscilador debe contener los siguientes tres elementos:

- Elemento o circuito oscilatorio
- Amplificador
- Camino de retroalimentación para suministrar la energía para regenerar la señal oscilante dentro del elemento oscilatorio.

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL OSCILADOR



El oscilador que se muestra a continuación genera ondas tanto senoidales como cuadradas, a una frecuencia de 10 khz.

Se utiliza para generar ondas senoidales un generador de ondas cuadradas, que funciona junto a un filtro.

Una onda senoidal alimentada al amplificador operacional LM111 da como resultado una onda cuadrada en su salida. A su vez la onda cuadrada se retroalimenta a un filtro (circuito sintonizado) que hace que oscile el LM101A. La frecuencia de oscilación se puede ajustar mediante R3.

Si $C1 = C2$, entonces la frecuencia de oscilación es:

$$f_0 = \frac{0.159}{(C1 R1R3)}$$

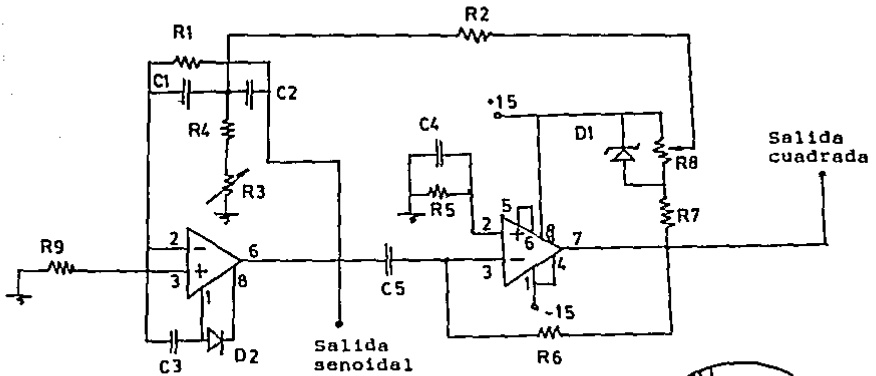
RESISTENCIAS

- * R1 = 330 K Ω
- * R2 = 50 K Ω
- * R3 = potenciómetro 1K
- * R4 = 50 Ω
- * R5 = 10 M Ω
- * R6 = 10 M Ω
- * R7 = 1 K Ω
- * R8 = potenciómetro 1K Ω
- * R9 = 200K Ω

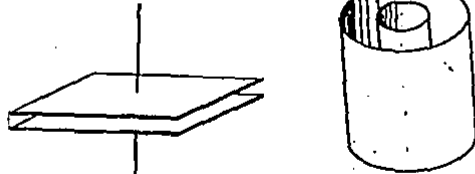
CONDENSADORES

- C1 = C2
- C3 = 150 PF
- C4 = 0.1 μ F
- C5 = 0.33 μ F

CIRCUITO ELECTRICO DEL OSCILADOR



PRINCIPIO DE OPERACION



Un capacitor o condensador básicamente consiste de dos placas metálicas separadas por un material aislante denominado dieléctrico. De la misma manera es posible construir un capacitor por medio de dos cilindros metálicos concéntricos separados por un material aislante. Los cilindros hacen las veces de las dos placas de nuestro capacitor original y se les denomina electrodos.

La parte sensora o sonda de un medidor de nivel por principio capacitivo constituye una de las placas de un capacitor, y la pared metálica del tanque forma el otro electrodo, actuando el material a medir como dieléctrico.

Para calcular la capacitancia de un capacitor de placas planas y paralelas se utiliza la fórmula siguiente:

$$C = (k_e \epsilon_0 A) / d \quad \text{donde: } C = \text{capacitancia en faradios (F)}$$

$A = \text{Área de las placas en m}^2$.
 $d = \text{distancia entre las placas en m.}$
 $\epsilon_0 = \text{permitividad del espacio libre.}$
 $k_e = \text{constante dieléctrica relativa.}$

Analizando la fórmula anterior, encontramos que si mantenemos constante la separación (d) entre las placas así como el área (A) de las mismas y hacemos variar la constante dieléctrica (ke) obtenemos una variación en el valor de la capacitancia (C). A mayor ke, se tendrá una mayor capacitancia.

Como se señaló anteriormente, el CAPACITOR para mediciones de NIVEL queda formado por la pared del contenedor y por la sonda sensora introducida en el contenedor.

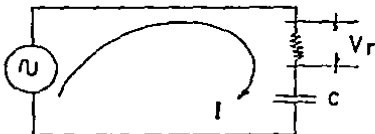
Cuando el contenedor está vacío, con aire como dieléctrico (ke=1) se tendrá un valor determinado de capacitancia C, llamado capacitancia inicial. Si llenamos el tanque digamos con agua (ke=80), se tendrá un incremento en la capacitancia. Este último valor es llamado capacitancia final Ca.

La diferencia entre C y Ca es llamada incremento de capacitancia o AC.

La variación en el nivel resulta entonces en una variación de capacitancia o AC.

Para convertir la variación de capacitancia AC en una indicación de la variación del nivel h, el capacitor se incluye en un circuito de alta frecuencia R.F.

La corriente que fluye por el capacitor varía proporcionalmente con la capacitancia. Esta variación de corriente se convierte electrónicamente en una variación de frecuencia.



Del circuito mostrado se tiene:

$$Vc = I \cdot X_C = I / WC = I / 2\pi fC \text{ si de esta última expresión se}$$

despeja la corriente se tiene que: $I = 2\pi fC Vc$.

Se observa que la corriente que fluye por el capacitor varía proporcionalmente con la capacitancia, pero a su vez, al aumentar la capacitancia, la reactancia capacitiva disminuye provocando una disminución de la tensión en bornes del capacitor.

La capacitancia de un capacitor cilíndrico se calcula utilizando la fórmula:

$$C = 2\pi \epsilon_0 \frac{ke l}{\ln D/d}$$

donde:

- l = longitud de la sonda en m.
- d = diámetro exterior de la sonda sin aislamiento.
- D = diámetro exterior.
- ke = constante dieléctrica del
- ϵ_0 = constante dieléctrica.

Este principio se utiliza asimismo para emplearlo en detectores límite y en medidores continuos. Los detectores límite detectan niveles específicos o predeterminados y consisten en una sonda, un circuito oscilador y un amplificador electrónico que maneja un relevador de salida.

Los medidores continuos están formados por una sonda capacitiva, un circuito electrónico que convierte la variación de capacitancia en una variación de frecuencia en voltaje proporcional de 0 a 10 VDC o una variación de corriente de 4 a 20 mA, utilizables para control o simple indicación.

CAPITULO 2

CAPITULO 2 DISEÑO DEL CONVERTIDOR DE CORRIENTE ALTERNA A CORRIENTE CONTINUA

Con el estudio hecho en el capítulo anterior sobre las constantes dieléctricas y su dependencia entre sí, podremos cuantificar y comprender el comportamiento real de un material dieléctrico (sólidos granulados, pastas, etc.) cuando éste se encuentre bajo la acción de un campo eléctrico. El cálculo hecho de la capacitancia para diferentes configuraciones geométricas de los electrodos, nos permite diversificar la utilidad de este DETECTOR DE NIVEL, ya que de este modo, puede ser aplicado en depósitos esféricos, cilíndricos o simplemente formados por un par de placas paralelas.

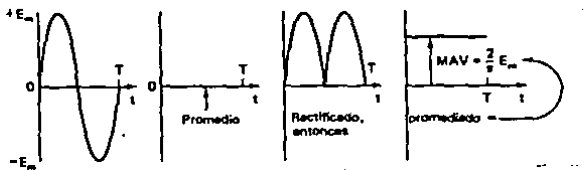
En el capítulo anterior también se hizo mención de las partes que integran a todo sistema de instrumentación. Hasta el momento, la cantidad de entrada (VARIACION DEL NIVEL) ha sido convertida en una cantidad eléctrica por medio del dispositivo TRANSDUCTOR.

Es necesario, por lo tanto, que esta señal sea entregada al ACONDICIONADOR de la señal para que esta sea procesada de tal modo que sea compatible con las necesidades de operación y constructivas del dispositivo de SALIDA.

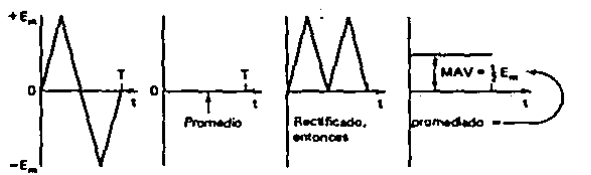
La señal que proviene del dispositivo transductor es una señal eléctrica (TENSION) cuyas variaciones en amplitud implícitamente reflejan los cambios que experimenta el material al aumentar y disminuir su nivel en el interior del contenedor. Esta última señal se utiliza pues, como alimentación del dispositivo ACONDICIONADOR, el cual para este diseño está representado por un convertidor de la tensión eficaz de la señal de corriente alterna a corriente continua, cuyo principio de operación a continuación se determina:

A continuación se describirá la construcción de un circuito amplificador operacional con el cual se podrá obtener como salida una tensión de corriente continua que, a su vez, representará el valor promedio de un voltaje de corriente alterna rectificado.

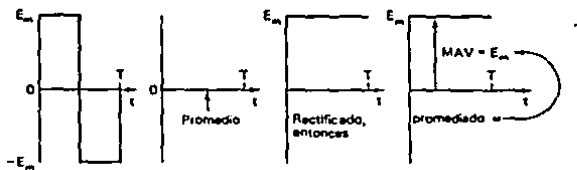
Ya que un circuito rectificador de onda completa también se conoce como circuito de valor absoluto y puesto que un valor promedio también se denomina valor medio, el convertidor de corriente alterna a corriente continua también se conoce como circuito de valor medio absoluto MAV.



MAV de una onda senoidal



MAV de una onda triangular



MAV de una onda cuadrada

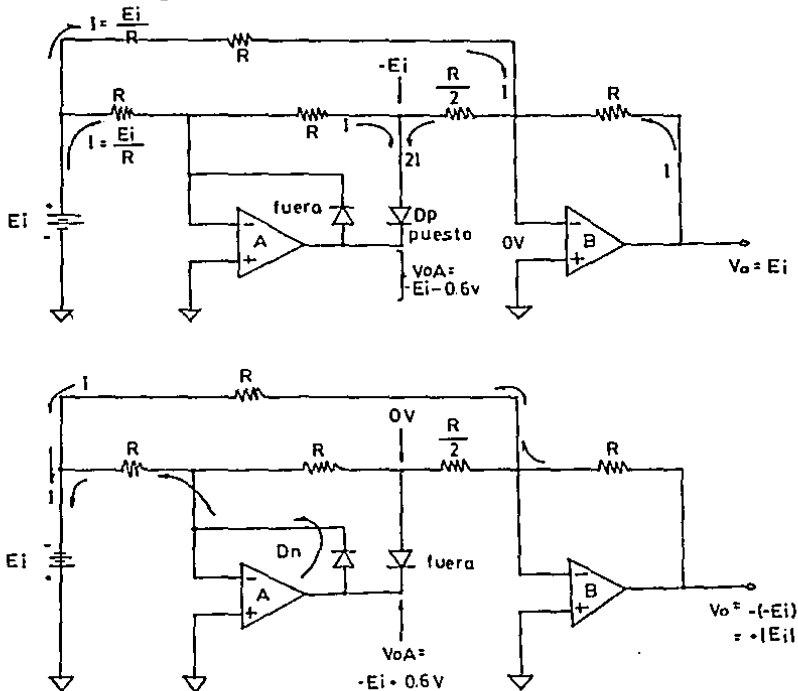
En la figura, se muestran formas de onda senoidal, triangular y cuadrada con valores máximos iguales (picos). Por tanto un detector de pico no puede distinguir entre ellas.

Los medios ciclos positivos y los medios ciclos negativos son iguales para cada onda en particular. Por tanto, el valor promedio de cada señal será cero, pero no puede distinguirse una de otra con un circuito promediador o un dispositivo de un voltmetro de cc. Sin embargo, el MAV de cada voltaje es diferente.

El MAV de una onda de voltaje es aproximadamente igual a su valor VCM (valor cuadrático medio). Por tanto, un circuito de bajo costo MAV puede utilizarse como sustituto para un circuito calculador de VCM más caro.

AMPLIFICADOR DE VALOR ABSOLUTO

Para construir un convertidor ca/cc, se principia con el rectificador de precisión o amplificador de valor absoluto. Como se muestra en la figura:



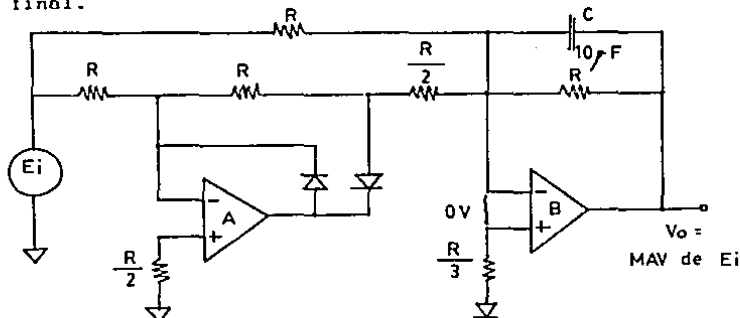
Para entradas positivas, el amplificador operacional A invierte E_i . El amplificador operacional B suma la salida de A y E_i para dar una salida de $V_o = E_i$.

Para entradas negativas, el amplificador B invierte $-E_i$ y la salida del circuito V_o es $+E_i$. La salida de A se rectifica a cero; el amplificador B invierte E_i , de modo que $V_o = +E_i$. Por tanto, la salida del circuito V_o es positiva y es igual al valor rectificado o absoluto de la entrada.

El amplificador de valor absoluto tiene ambos nodos de suma al potencial de tierra durante cualquier polaridad del voltaje de entrada. $R = 20k\Omega$.

CONVERTIDOR DE CA/CC

Para formar el convertidor ca/cc se añade un capacitor de alto valor y de baja fuga ($10 \mu F$ de tantalio). El circuito resultante es el amplificador MAV o convertidor de ca/cc que se indica en la misma figura. El capacitor C hace el promediado de la salida rectificada del amplificador operacional B. Toma cerca de 50 ciclos del voltaje de entrada antes de que el voltaje del capacitor se establezca a su lectura final.



Si las formas de onda mostradas en la primer figura se aplican al convertidor ca/cc, su salida será el MAV de cada onda.

Una vez convertida la CANTIDAD DE ENTRADA (variación de nivel) en una cantidad eléctrica por medio del dispositivo TRANSDUCTOR, es necesario ACONDICIONAR o modificar esta señal para poder ser aceptada por el DISPOSITIVO DE SALIDA.

El ACONDICIONADOR o PROCESADOR de la señal, como se mencionó en el capítulo anterior, constituye el segundo elemento básico de todo sistema de instrumentación, el cual, en el caso particular de este diseño, está representado por el convertidor de corriente alterna a corriente continua anteriormente analizado y por el convertidor de señal analógica a digital el cual será estudiado en detalle en el siguiente capítulo.

CAPITULO 3

CONVERTIDOR A / D

La conversión de la señal de corriente alterna a corriente continua ha constituido parte del proceso de ACONDICIONAMIENTO de la señal para poder ser aceptado por el dispositivo de SALIDA; sin embargo, es necesario aún convertir esta señal de cc (SEÑAL ANALÓGICA) en una señal DIGITALIZADA.

La señal, hasta el momento procesada, proveniente de nuestro sistema físico (variación de nivel dentro de un depósito), es de carácter analógico.

El dispositivo que nos permitirá ACONDICIONAR aún más esta señal a las condiciones de SALIDA, convirtiéndola en una señal de forma digital, es un convertidor A/D.

Se han diseñado una gran variedad de este tipo de convertidores; sin embargo, el que más se acopla a las necesidades de esta tesis se estudiará en detalle a continuación:

Un convertidor A/D como un voltaje analógico de entrada y después de cierta cantidad de tiempo produce un código digital de salida el cual representa la entrada analógica.

El CA3162E es un convertidor A / D monolítico I²L que proporciona una salida multiplexada BCD de tres dígitos. Es usado tanto con el convertidor de dígitos CA3161E BCD a 7 segmentos.

A continuación se describirán algunas de las características de este convertidor:

- Despliegue multiplexado en BCD.
- Entrada diferencial.
- Tiempo interno. NO requiere reloj externo.
- Dos alternativas en el rango de conversión:
 - * Baja velocidad (4 Hz)
 - * Alta velocidad (96 Hz)
- En modo de operación "hold" se inhibe la conversión, pero se mantiene el despliegue.
- Indicaciones de sobre-rango:
 - * "EEE" para lecturas mayores que +999 mV.
 - * "-" para lecturas mas negativas que -99 mV.
- Conversión A / D de doble pendiente.
- Voltaje de referencia interno ultra-estable.

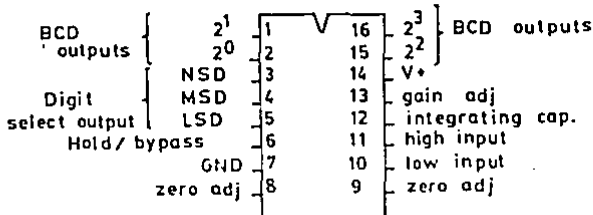
MAXIMOS RANGOS

Voltaje de alimentación de DC +7 V
 Voltaje de entrada ±15 V

DISIPACION DEL DISPOSITIVO
 Superior a TA = + 55°C 750 mW

RANGO DE TEMPERATURA
 En operación 0 a + 75°C
 Almacenado -65 a +150°C

TEMPERATURA DURANTE SOLDADURA
 A una distancia de (1.59 ± 0.79 mm). 10 seg. máximo +265°C



CARACTERISTICAS ELECTRICAS A TA = 25°C, VOLTAJE = +5V

CARACTERISTICAS UNIDADES	CONDICIONES DE PRUEBA	DE			LIMITES
		MIN.	TIPICO	MAX.	
Rango del voltaje de alimentación		4.5	5	5.5	V
Alimentación de corriente I _v	100 kΩ a V _v en terminales 3,4,5	-	-	17	mA
Impedancia de entrada Z _i		-	100	-	MΩ
Corriente de polarización a la entrada I _{B1}	Terminales 10 y 11	-	-80	-	nA
Ajuste de cero offset	V ₁₁ - V ₁₀ = 0V salida leída decodificada	-12	-	+12	mV
Ganancia	V ₁₁ - V ₁₀ = 900mV salida decodificada	846	-	954	mV
Rango de conversión:	* ver notas 1 y 2				
+ modo lento	terminal 6 abierta (aterrizada)	-	4	-	Hz
+ modo rápido	terminal 6 = 5V	-	96	-	
Voltaje de conversión controlado: "hold mode" en terminal 6		0.8	1.2	1.6	V
Voltaje de entrada de modo común.	* ver notas 3 y 4	-0.2	-	+0.2	V
I de fuga BCD terminales 1,2,15,16.	V _{BCD} ≥ 0.5V en estado lógico 0.	0.4	1.6	-	mA
Corriente de fuga digital en terminales 3,4 y 5	V _{digital} = 4 V en estado lógico 0	1.6	2.5	-	mA
Coefficiente cero de temperatura	V _I = 0V	-	10	-	μV/°C
Coefficiente de ganancia de temperatura	V _I = 900mV 2.4 kΩ	-	0.005	-	%/°C

NOTAS :

1

Aplicar cero volts entre V11 y V10. Ajustar el potenciómetro hasta dar una lectura de 000 mV.

Aplicar 900 mV a la entrada y ajustar nuevamente el potenciómetro hasta alcanzar una lectura de 900 mV.

2

La linealidad es medida como una diferencia entre una línea recta dibujada a través del cero y la escala positiva.

3

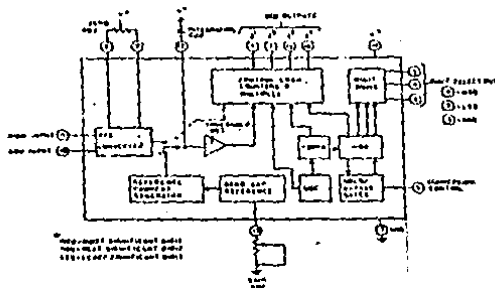
Para las aplicaciones donde la terminal 10 no opera al potencial de la terminal 7, debe instalarse una trayectoria de retorno con una resistencia no mayor a 100 kΩ para la corriente de polarización de entrada.

4

El voltaje de entrada de modo común no debe exceder +0.2 V si el rango de entrada de 999 mV se requiere en la terminal 11. Esto es, la terminal 11 podría no operar a un voltaje positivo mayor que 1.2V respecto a tierra o 0.2V negativos respecto a tierra, el máximo voltaje de entrada de modo común puede, por consiguiente, incrementarse.

DESCRIPCION DEL CIRCUITO

El diagrama funcional del circuito integrado (lineal) CA3162E se muestra a continuación:



El convertidor A/D tiene dos entradas: (4) la terminal 11 que es la entrada alta (high input) y la terminal 10 o entrada baja (low input).

La señal ya rectificada que proviene del convertidor ca/cc corriente alterna a corriente continua (capítulo 2), será introducida al convertidor por medio de las terminales ya especificadas.

Esta señal será variable en amplitud ya que implícitamente contiene información de los cambios que ha experimentado el nivel durante el llenado del depósito. Dado que la constante dieléctrica del aire 1.0006 es menor comparada con la mayoría de las constantes de otro tipo de materiales, la capacitancia por lo general aumentará conforme aumente el nivel del material. Lo anterior produce una disminución en la tensión en bornes del capacitor ya que la capacitancia y el voltaje VC son inversamente proporcionales.

La señal mencionada entrará a un convertidor V/I el cual está integrado al convertidor A/D. El corazón de este sistema lo forman el convertidor V/I y el generador de corriente de referencia.

Las terminales 8 y 9 son unidas a través de un potenciómetro el cual sirve para calibrar el ajuste de cero del convertidor de V/I. Este convertidor convierte el voltaje de entrada aplicado entre las terminales 10 y 11 a una corriente que carga el capacitor integrador en la terminal 12 para un determinado intervalo de tiempo. Al terminar el intervalo de carga, el convertidor V/I es desconectado del capacitor integrador y una fuente de corriente constante de polaridad opuesta es conectada.

La referencia de esta fuente de corriente queda determinada al ajustar la ganancia del amplificador operacional a través del potenciómetro situado en la terminal 13. El número de conteos del reloj registrados antes de que la carga sea restaurada a su valor original es una medida directa de la corriente que se induce.

La restauración antes mencionada es sensada por un comparador, el cual a su turno, latch (bloquea al contador). El conteo es entonces multiplexado para una salida BCD. El control lógico, el contador y el multiplexor están integrados en una sola unidad y forman parte interna del circuito integrado.

El convertidor A/D tiene tres terminales de salida que operan como dígitos de selección (terminales 3, 4 y 5). La terminal 4 selecciona al dígito más significativo y el cual representará las centenas. La terminal 5 selecciona al dígito menos significativo el cual representará las unidades y con la terminal 3 se seleccionará el dígito que determina las decenas. Estas terminales se conectarán a las bases de los transistores controlando, de este modo, el paso de la corriente hacia los 3 displays. Dichos transistores se conectarán al voltaje positivo de polarización del circuito integrado junto con las terminales 8, 9, 12 y 14.

El tiempo de el CA3162E es suministrado por un oscilador (786 Hz), y la entrada en la terminal 6 determina el rango de muestreo. una entrada de 5 volts determina un rango de muestreo de alta velocidad (96 Hz) y aterrizando la terminal 6 se logra un rango de muestreo de baja velocidad (4 Hz). Cuando la terminal 6 está a +1.2 volts (colocando una resistencia de 12K entre las terminales 6 y la alimentación de 5V), se obtiene el modo de operación "hold" retención.

Mientras el CA3162E este en el modo "hold", el muestreo continúa a 4 Hz pero la información del display se detiene en la última lectura anterior a la aplicación de los 1.2V. Removiendo este voltaje, se reactivan los cambios continuos del display; sin embargo, el rango de muestreo permanece en 4 Hz.

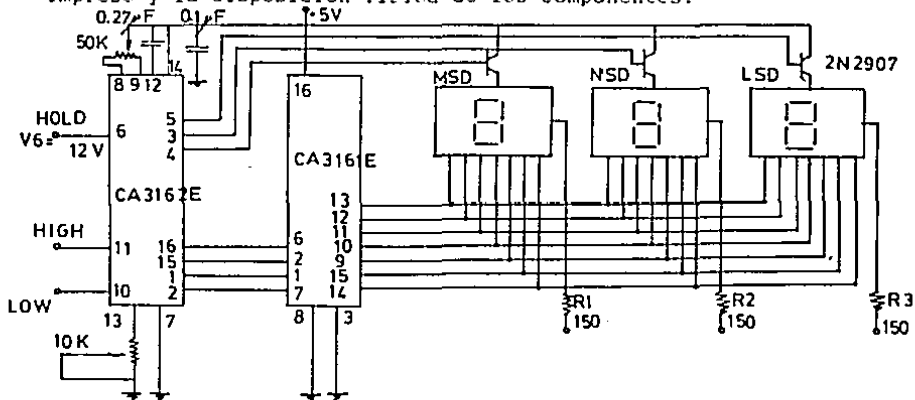
Los tipos de desborde que "EEE" y "--" indican que el rango de el sistema ha sido excedido tanto en las direcciones positiva o negativa. Voltajes negativos ± 99 mV son desplegados con el signo menos en el bit más significativo. EEE, El código BCD es 1010 para un sobrerango negativo (-99) y 1111 para un sobrerango positivo (EEE).

Los SISTEMAS DIGITALES ejecutan todas sus operaciones con binario o algún tipo de código binario. Cualquier información que va a ser entrada en un SISTEMA DIGITAL debe ser puesta en forma binaria antes que pueda ser procesada por los circuitos digitales.

Hasta el momento, la señal ha sido ACONDICIONADA de tal forma que puede ser aceptada totalmente por el dispositivo de SALIDA (SISTEMA DIGITAL).

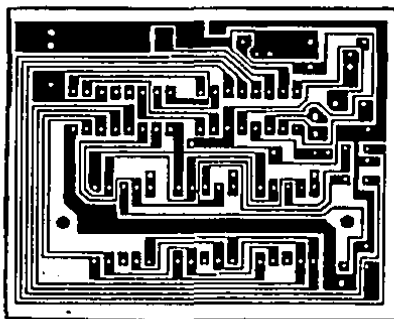
En el siguiente capítulo se analizará en detalle el tercer y último elemento que forma todo SISTEMA DE INSTRUMENTACION: el elemento de SALIDA, representado en este caso particular por un SISTEMA DIGITAL, con el cual se podrá obtener un despliegue visual digitalizado del nivel al que se encuentre el material dieléctrico, al variar su cantidad dentro de un depósito determinado.

Una vez procesada la señal analógica y transformada en su correspondiente código binario a través del convertidor A/D analizado en el capítulo anterior, podremos estudiar el siguiente diagrama el cual nos muestra la forma en que el convertidor A/D y el decodificador driver BCD 7 segmentos se interconectan entre sí para formar el sistema de SALIDA (despliegue de la señal), el circuito impreso y la disposición física de los componentes.



NORMAL: Modo baja velocidad:
V6= Ground or open

Modo alta velocidad:
V6= 5V



CAPITULO 4

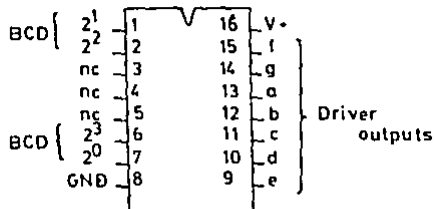
La ETAPA DE SALIDA Y DESPLIEGUE consta de dos partes:

- Decodificador/driver
- Tres LED DISPLAYS.

DECODIFICADOR/DRIVER BCD A 7 SEGMENTOS

El CA3161E es un circuito integrado monolítico que permite la decodificación BCD a 7 segmentos. Cuando es usado junto con el CA3162E A/D, el CA3161E provee un completo sistema digital de despliegue con un número mínimo de partes externas.

- El CA3161E tiene 16 terminales.
- Presenta muy baja disipación de potencia 18 mW típicamente.
- Niveles de entrada lógicas compatibles con TTL.
- Corriente típica de 25 mA en sus segmentos de salida.
- No requiere de resistencias limitadoras de corriente (SALIDA).



MAXIMOS RANGOS

Voltaje de alimentación de DC	+7V
Voltaje de entrada (terminales 1,2,6,7).....	+5.5V
Voltaje de salida	+7 a +10V
Disipación del dispositivo :	
Por encima de la temperatura ambiente TA +55 °C	1W
Temperatura ambiente	
- operando	0 a +75°C
- almacenado	-65 a +150°C
Temperatura de las terminales al soldarlas	+ 265°C

El DECODIFICADOR/DRIVER BCD a 7 segmentos tiene 4 entradas que son las terminales 6,2,1 y 7. Estas terminales reciben la información en código BCD que proviene de la salida del convertidor A/D de sus terminales 1,2,15 y 16.

La señal en BCD es retenida momentáneamente antes de pasar al decodificador BCD a 7 segmentos el cual forma parte interna del decodificador. Las 7 salidas ya decodificadas entran a un arreglo de transistores con el fin de mantener la corriente constante y finalmente hacerla pasar a la salida la cual está representada por las terminales 13,12,11,10,9,15,y 14.

La última etapa está compuesta por tres displays, los cuales son seleccionados en las terminales 3, 4 y 5 del convertidor A/D por medio de tres transistores conectados a cada uno de los displays por el emisor. Estos transistores limitarán la corriente que alimenta a los displays controlados por la base. Los 7 segmentos de cada display serán activados por las salidas del decodificador (terminales 13, 12, 11, 10, 9, 15 y 14).

Las terminales que están conectadas a los puntos de cada uno de los displays estarán a una tensión positiva por medio de una resistencia. Los displays se activarán en secuencia desde el menos significativo hasta el más significativo.

Los displays son de ánodo común y trabajan con lógica negativa; es decir, los segmentos son activados con un cero lógico como se observa en la tabla de verdad del decodificador BCD a 7 segmentos.

La secuencia que sigue cada uno de los displays es la siguiente: Al activarse el display menos significativo, se iniciará un conteo que terminará en dígito 9. Al siguiente conteo, el próximo display en significación pasa a 1 y el display menos significativo inicia un nuevo conteo de 0 a 9. El siguiente conteo originará que el segundo display conmute a 2 y así sucesivamente hasta que llegue a 9. Una vez repetido 10 veces este proceso, el bit más significativo pasará a 1. Al final del proceso el display menos significativo conmuta 100 veces del 0 a 9 y el display de significancia media, 10 veces de 0 a 9 hasta completar 999.

De esta forma quedan determinadas las características de operación del dispositivo de SALIDA de este diseño.

A continuación se muestran las características eléctricas, el diagrama funcional y la tabla de verdad del dispositivo de salida (medidor indicador):

DIAGRAMA FUNCIONAL Y CARACTERISTICAS ELECTRICAS CA3161E

CARACTERISTICAS	LIMITES			UNIDADES
	MIN.	TYP.	MAX.	
Rango de operación de voltaje de alimentación, V+	4.5	5	5.5	V
Fuente de corriente, I+	-	3.5	8	mA
Corriente baja de salida (Vo=2V)	18	25	32	mA
Corriente alta de salida (Vo=5.5V)	-	-	250	mA
Voltaje alto de entrada (1 lógico)	2	-	-	V
Voltaje bajo de entrada (0 lógico)	-	-	0.8	V
Corriente alta de entrada, 2V	-30	-	-	µA
Corriente baja de entrada, 0V	-40	-	-	µA
Retardo de propagación	tpHL	26	-	ns
	tpLH	14	-	ns

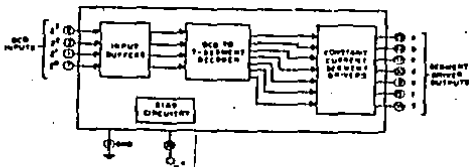


TABLA DE VERDAD

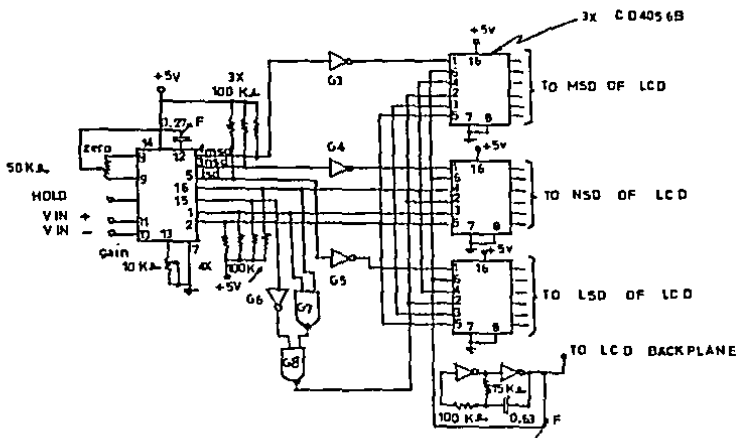
BINARY STATE	INPUTS				OUTPUTS								DISPLAY
	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	a	b	c	d	e	f	g		
0	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	0
1	L	L	L	H	H	L	L	H	H	H	H	H	1
2	L	L	H	L	L	L	H	L	L	H	L	L	2
3	L	L	H	H	L	L	L	L	H	H	L	L	3
4	L	H	L	L	H	L	L	H	H	L	L	L	4
5	L	H	L	H	L	H	L	L	H	L	L	L	5
6	L	H	H	L	L	H	L	L	L	L	L	L	6
7	L	H	H	H	L	L	L	H	H	H	H	H	7
8	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	8
9	H	L	L	H	L	L	L	L	H	L	L	L	9
10	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	L	—
11	H	L	H	H	L	H	H	L	L	L	L	L	E
12	H	H	L	L	H	L	L	H	L	L	L	L	H
13	H	H	L	H	H	H	H	L	L	L	H	L	L
14	H	H	H	L	L	L	H	H	L	L	L	L	P
15	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	BLANK

Tomando como base el decodificador driver BCD a 7 segmento (CA3161E), se estudiarán dos tipos de despliegue de la señal dependiendo del tipo de display utilizado:

- * Aplicación con LCD Liquid Crystal Display.
- * Aplicación con LED DISPLAY de cátodo común.

CA3162E APLICACION CON (LCD) LIQUID CRYSTAL DISPLAY

La siguiente figura muestra la aplicación con LCD.



LCD's deben usarse en vez de los displays de 7 segmentos (LEDS) en aplicaciones que requieren baja disipación de potencia, tales como equipo que opere con baterías o cuando la visibilidad en un ambiente muy iluminado es requerida.

El multiplexado de los dígitos LCD no es práctico debido a que el voltaje promedio entre los segmentos es cero y porque requieren del manejo de señal de ca. Tres CD4056B LCD decodificadores/drivers son utilizados. Cada uno de ellos contiene una entrada tipo latch de tal modo que la información BCD de cada dígito sea alimentada a los decodificadores utilizando la salida (digit-select) de el CA3162E como strobes.

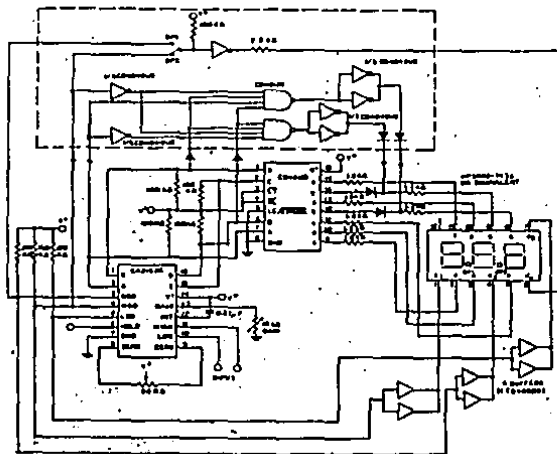
Los inversores G1 y G2 son usados como multivibradores estables para proveer señal de ac al LCD (backplane). Los inversores G3, G4 y G5 son los inversores (digit-select) y requieren de resistores (pull up) para poder establecer una interfase entre las salidas del CA3162E de (colector abierto) y la lógica COS/MOS. Las salidas BCD de el CA3162E deben ser conectadas directamente a las entradas correspondientes del CD4056B.

En este arreglo, el decodificador CD4056B decodifica el signo menos (-) como "L" y la indicación de sobrecarga positiva (E) como una "H".

CA3162E APLICACION CON LED DISPLAY DE CATODO COMUN.

La figura muestra al CA3162E conectado a un decodificador/driver CD4511B operando con un display de cátodo común. A diferencia del CA3161E, el CD4511B permanece en blanco el display para todos los códigos en BCD mayores que 9. Después 999 mV el display queda en blanco en vez de desplegar EEE, como en el CA3161E. Cuando despliega voltajes negativos, el primer dígito permanece en blanco en vez de (-) y durante un sobrerango positivo o negativo el display permanece en blanco.

El circuito adicional marcado por línea punteada permite reestablecer el signo negativo (-), permitiendo el despliegue de números negativos menores que -99. El sobrerango negativo es indicado por un signo menos (-) en el dígito más significativo MSD, permaneciendo en blanco el resto del display.



Numerosos dispositivos se emplean en la entrada y salida de los SISTEMAS DIGITALES para servir como lazos de comunicación con el mundo exterior.

Las salidas de un sistema digital están en algún tipo de código binario y muy a menudo deben convertirse a una forma diferente dependiendo de cómo las salidas deban ser utilizadas. El objetivo de este diseño se limitó a la detección y despliegue en forma digitalizada del nivel al que se encuentra un material dieléctrico dentro de un depósito, por lo que NO fue necesaria la conversión de este código binario en otro tipo de señal que, en un momento dado, pudiese emplearse para la activación de algún sistema de control ya sea motor, bomba o activación de algún sistema de válvulas.

CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION

A continuación se analizarán aspectos generales de la instalación del dispositivo detector del nivel con el fin de lograr las condiciones óptimas de operación.

En los líquidos que prácticamente no conducen (que conducen menos de $0.1 \mu\text{mho/cm}^3$) la instalación de sonda descubierta resulta satisfactoria, ya que la resistencia del líquido R es suficientemente elevada. En los líquidos conductores debe aislarse la sonda para evitar el cortocircuito en la capacitancia por la resistencia del líquido. La medida de la capacitancia entre ambos electrodos puede efectuarse de varias maneras. Sin embargo, los métodos en los que se emplea la ca de alta frecuencia (radiofrecuencia) ofrecen ventajas importantes. En muchos líquidos comunes se han usado las técnicas para sensar niveles utilizando la capacitancia, lo mismo que para sensar niveles en sólidos granulares, metales líquidos (a altas temperaturas), materiales corrosivos, como el ácido fluorhídrico, y en los procesos a muy alta presión.

Si el contenedor o tanque no es metálico se requerirá un tercer electrodo que actúa como referencia de tierra. Este electrodo deberá tener cuando menos la longitud del electrodo de nivel bajo.

Para aquellos diseños que requieren que la indicación del nivel se este monitoreando en un lugar especial alejado del tanque de almacenamiento, es necesario considerar que la distancia máxima entre la sonda capacitiva y el circuito eléctrico dependerá de la resistencia de la línea empleada, permitiéndose un máximo de 25 ohms por cable.

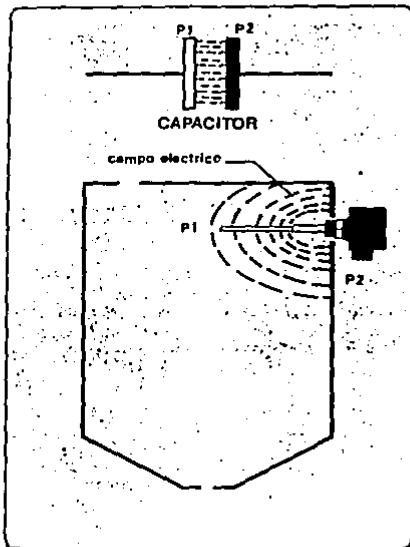
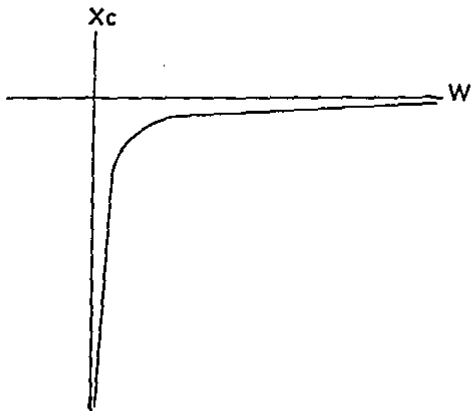
La calibración es un aspecto importante en la operación adecuada del dispositivo. Es necesario fijar los rangos de frecuencia en los que el sistema opera en forma eficiente. El oscilador debe ser capaz de suministrar la frecuencia de interés, tanto la más alta como la más baja. Los procedimientos que permiten fijar un rango de frecuencia adecuado son los siguientes:

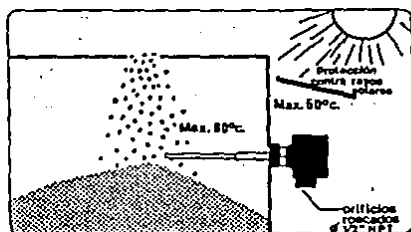
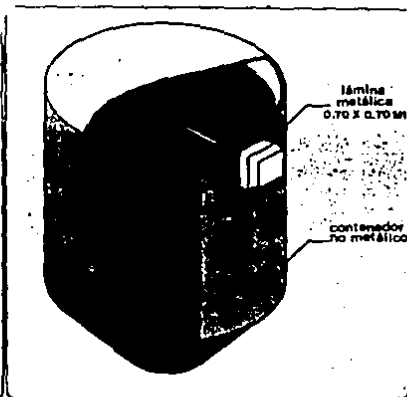
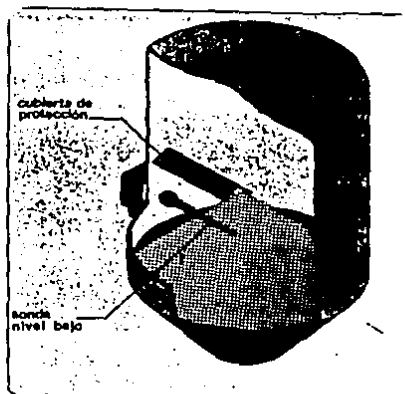
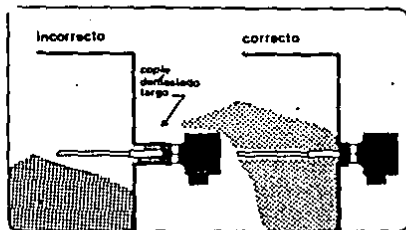
Es necesario conocer el valor de la capacitancia del dispositivo cuando este se encuentra vacío. Esto se logra haciendo uso de un capacitómetro. Posteriormente se medirá el voltaje (vóltmetro de ca) en bornes de la resistencia del circuito RC para obtener, de esta forma, la corriente circulante $I=V/R$. El conocimiento de estos parámetros nos permitirá fijar una frecuencia determinada de operación para condiciones en las que el contenedor este sin material.

Al analizar la curva de frecuencia contra reactancia capacitiva se observa que existe una zona en la que para un determinado rango de frecuencia, la reactancia capacitiva tiende a ser prácticamente constante y a su vez, a partir de un cierto valor de reactancia capacitiva, la frecuencia permanece prácticamente sin variación. Estas zonas de operación deben evitarse para que el sistema opere en forma satisfactoria.

Estas consideraciones también deben ser tomadas en cuenta al fijar la frecuencia de operación para aquella condición en la que el depósito se encuentre a un nivel máximo de material.

La estabilidad de frecuencia del oscilador determina su habilidad para mantener la frecuencia seleccionada sobre un período de tiempo. Envejecimiento de los componentes, cambios de temperatura y variaciones de la fuente de potencia afectan a esta estabilidad. La estabilidad de frecuencia se puede mejorar en algunos casos usando grandes cantidades de realimentación y componentes seleccionados cuidadosamente.





**CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considero que este diseño ofrece una alternativa económica y al mismo tiempo confiable en la detección de nivel de materiales sólidos granulados y líquidos (no conductores), el cual encuentra una amplia aplicación en diferentes industrias en nuestro país tales como:

- La industria azucarera
- La industria alimenticia
- Plantas petroquímicas
- Plantas para beneficio de minerales
- Industria del cemento
- Plantas termoeléctricas y muchas otras más.

Una de las principales ventajas de este diseño, independientemente de las que ofrece el método electro - capacitivo para la detección del nivel, es el bajo costo de su fabricación. Actualmente en nuestro país existen distribuidores de este tipo de equipos que en un 90% son de importación y de costos elevados.

Este diseño ocupa una unidad compacta, sin partes móviles, de fácil instalación y libre de mantenimiento. Dichas características lo convierten en una alternativa más económica y confiable para la detección y medición de nivel de materiales dieléctricos sólidos y líquidos no conductores.

Quiero hacer incapié, antes de concluir, en la oportunidad que existe de elaborar una tesis adicional como complemento de este diseño, con la cual se estudie la posibilidad de añadir un SISTEMA DE CONTROL que permitiera retroalimentar el depósito en los casos en que los límites tanto superior como inferior sean alcanzados por el material.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- MANUAL DE INSTRUMENTACION APLICADA. TOMO I
CONSIDINE Douglas M.
S.D Ross. EDITORES
EDITORIAL CECSA. 1981
- MANUAL DE PRUEBAS Y MEDICIONES ELECTRONICAS
LENK John D.
EDITORIAL MARCOMBO. 1978
- DISEÑO Y APLICACION DE SISTEMAS DE MEDICION
DOEBELIN Ernest O.
EDITORIAL DIANA
2ª Impresión. enero 1981
- INSTRUMENTACION INDUSTRIAL
SOISSON Harold E.
EDITORIAL LIMUSA
1ª reimpression 1983
- INSTRUMENTACION ELECTRONICA Y MEDICIONES
COOPER William David
EDITORIAL PRENTICE HALL INTERNATIONAL
1ª Impresión.enero 1982
- INTEGRATED ELECTRONICS
ANALOG AND DIGITAL CIRCUITS AND SYSTEMS
MILLMAN Jacob
Mc GRAW / HILL INTERNATIONAL BOOK COMPANY. 1983
- MANUAL RCA SOLID STATE.
LINEAR INTEGRATED CIRCUITS AND MOS/FETS
INDUSTRIAL CONSUMER. 1986
- GUIA PARA MEDICIONES ELECTRONICAS Y PRACTICAS DE LABORATORIO
WOLF Stanley
EDITORIAL PRENTICE HALL. 1985
- CIRCUITOS INTEGRADOS LINEALES Y AMPLIFICADORES OPERACIONALES
COUGHLIN Robert F.
DRISCOLL Frederick F.
PRENTICE HALL. 1987
- MANUAL ECG SEMICONDUCTORS
SUPPLEMENT Nº 1.
- ELEMENTS OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC INSTRUMENTATION
LION S. Kutt
Mc GRAW HILL. 1975
- MEDICIONES ELECTRONICAS SIMPLIFICADAS
FASAL John H.
EDITORIAL GLEM S.A. 1984