



CENTRO DE INGENIERIA Y DESARROLLO INDUSTRIAL

**Nombre de la empresa: MABE
Proyecto Industrial Terminal**

Título del proyecto:

005386

**SENSOR DE CAMPO ELECTRICO
DE ALTA FRECUENCIA**

PARA OBTENER LA ESPECILIDAD EN

“TECNÓLOGO EN MECATRÓNICA”

PRESENTA

Alumno: MARTIN CASTILLO VALDEZ

Tutor de Planta: Ing. ANGELICA CHAVEZ RUBIO

Tutor Académico: Dr. ADRIAN GONZALEZ PARADA

QUERETARO, a 6 de Septiembre del 2007.



QUIERO HACER PATENTE MI AGRADECIMIENTO A :

POR SU VALIOSOS CONSEJOS Y ORIENTACION SIN ESTO NO HUBIERA SIDO
POSIBLE ESTA INVESTIGACION DOY LAS GRACIAS A MI ASESOR:

Dr. ADRIAN GONZALEZ PARADA.

A LA PARTE ADIMINSTRATIVA QUE LA CONFORMAN:

AL M. en C. SALVADOR PEREZ GERENTE DE POSGRADO Y
AL ING. BERTHA BELASCO

A LA EMPRESA MABE POR ABRIRME LAS PUERTAS Y DESPOSITAR LA
CONFIANZA EN MI Y DE UNA MANERA MUY SIGNIFICATIVA A LOS
INGENIEROS DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO DE
INDUSTRIAS MABE:

ANGELICA CHAVEZ RUBIO JEFE DEL DEPTO. DE PRUEBAS ELECTRICAS

HERIBERTO NUÑEZ HERNANDEZ INVESTIGADOR

EUNICE PÓNDIGO VICENTE INVESTIGADOR

Y ATODO EL CUERPO COLEGIADO DE CATEDRATICOS DE CIDESI.

AL INSTITIUTO TACNOLÓGICO DE CERRO AZUL VERACRUZ

GRACIAS.....

MARTIN CASTILLO VALDEZ

A 6 de Septiembre de 2007

Santiago de Querétaro, Qro. México

INDICE DE CONTENIDO

Resumen -----	2
1.-Antecedentes -----	4
2.- Definición del Proyecto -----	4
3.- Justificación -----	4
4.-Objetivo -----	5
5.- Límites y Alcances del Tema -----	5
6.- Fundamentación -----	6
6.1.- Conceptos Básicos de Radiación Electromagnética -----	6
6.2.- El Campo Eléctrico -----	8
6.3.- Condensador y Capacitancia-----	9
6.4.- El Diodo Schottky -----	13
6.5.- El Amplificador No Inversor -----	14
6.6.- Problema a Resolver -----	16
6.6.1- Ruido -----	17
6.6.2- Algunas Clases de Ruido -----	17
7.- Diseño del Sensor -----	21
7.1.- Cálculo de la Capacidad -----	21
7.2.- Selección del Diodo Schottky -----	22
7.3.- Circuito de Simulación y Modelo Matemático -----	23
7.3.1.- Modelo Matemático -----	23
7.3.2.- Análisis Matemático del Amplificador No Inversor -----	31
7.3.2.1.- Análisis Matemático -----	31
7.3.3.- Simulación -----	31
8.- Conclusiones y Recomendaciones -----	34
Bibliografía -----	35
Anexo 1 Constantes Dieléctricas -----	36
Anexo 2 Costo -----	37
Anexo 3 Ficha Técnica -----	38

RESUMEN

La característica de este trabajo se enfoca al desarrollo de un sensor de campo eléctrico el cual sea capaz de detectar el campo en altas frecuencias. El objetivo de esto es que la empresa mabe, donde se hizo este trabajo, requiere un sensor de campo eléctrico complementario del equipo con el que cuenta mabe en sus laboratorio de pruebas eléctricas.

No se profundiza en un análisis complicado si no que más bien en un análisis tanto en lo teórico como matemático pero cumpliendo con las expectativas que el modelo del circuito exige.

Se toca la teoría del campo eléctrico y del comportamiento físico el cual se da una breve explicación pasando por la explicación del dipolo eléctrico ya que esto es muy necesario del comportamiento del sensor del campo eléctrico.

Por otro lado se toca el tema del condensador y la capacidad y del comportamiento de sus constantes dieléctricas y en la detección de las altas frecuencias se utiliza un diodo schottky y el cual se acopla con dos circuitos RC pasabajas.

Se hace un comentario breve del mezclador de frecuencia de cómo se puede inducir ruido a este sistema porque precisamente, en la industria mabe preocupada por una mejora continua de su producto, como son; lavadoras, estufas etc., y satisfacer las necesidades del cliente, estos se vean afectados por ruidos inducidos, cabe aclarar que este trabajo no se enfoca de buscar mecanismos en la eliminación del ruido en los productos de mabe, si no mas bien en el desarrollo del sensor de alta frecuencia para la medición del mismo como un complemento al equipo con el que se cuenta.

Esperando que este trabajo de investigación cumpla con las expectativas de la empresa y el interés del lector, cabe añadir que existe poca información sobre sensores de campo eléctrico y dejando esta opción en otras aplicaciones en donde sea requerido ese tipo de sensor.

Las perturbaciones electromagnéticas son señales que alteran, de manera no intencionada, el normal funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos situado en el entorno donde estos se producen.

Los fenómenos electromagnéticos que puedan crea problemas de funcionamiento de un dispositivo, de un aparato de un sistema. Una perturbación electromagnética puede consistir en un ruido electromagnético, y una señal no desada o una modificación del propio medio de propagación.

1.- ANTECEDENTES

La empresa mabe de Diseño está dedicada a crear Línea Blanca en uso doméstico como son: estufas, lavadoras, refrigeradores etc., y para ello es necesario contar con laboratorios de pruebas esto es con la finalidad que para el producto diseñado y desarrollado como prototipo este libre de defectos y que cuando este salga al mercado no presenten ningún tipo de fallas, ya que hoy en día es muy necesario que sigan las normas de calidad nacionales e internacionales debido a la competencia del libre mercado globalizado.

Este trabajo se hizo en mabe Diseño y no en la empresa en donde se produce el producto final de línea blanca. Llevándose a cabo a cabo en sus laboratorios de pruebas eléctricas de mabe Diseño-

2.- DEFINICION DEL PROYECTO

De acuerdo con las tentativas que mabe lleva acabo en su laboratorio de pruebas eléctricas las cuales dos de ellas son las principales las cuales son:

1.- Pruebas Radiadas

2.- Pruebas Conducidas

El presente trabajo va encaminado sobre el ensayo radiado que viene siendo el punto uno. Debido a esto se seleccionó el titulo de “ **SENSOR DE CAMPO ELECTRICO DE ALTA FRECUENCIA**”.

3.- JUSTIFICACION

En el laboratorio de ensayo eléctrico de mabe se procede con el siguiente argumento que le llaman “ Keyning Interferente” esto cae dentro de pruebas radiadas.

Se da inicio con un barrido de frecuencia que cae dentro el rango de $26\text{MHz} \leq f \leq 1\text{GHz}$ dentro de la cámara aneconica se encuentra una equipo bajo prueba un refrigerador y su control del refrigerador se encuentra en la posición de frío medio.

Dentro de la cámara se encuentra una antena la cual radia un campo eléctrico de 6.7 V/m , dentro de la prueba hay un punto donde se activa la alarma del amplificador, la alarma se activa, en esta prueba, a los 41.91 MHz (este es un caso), entonces se activa el forward a los 129 Watts, es aquí también donde se activa la alarma, entonces el amplificador trata de inyectar más potencia y el operario tiene que interrumpir la prueba, si no se interrumpe se corre el riesgo de dañar el equipo.

No se sabe si el equipo que tiene mabe es su laboratorio tiene algún tipo de falla o una mala comunicación entre ellos.

Debido a esta situación, se tiene la necesidad de contar con un sensor de campo eléctrico alterno con la finalidad de comprobar que dentro de la cámara acónica no exista errores en la medición del campo eléctrico radiado sobre el producto en evaluación y pérdida de campo eléctrico.

4.- OBJETIVO

El objetivo del proyecto consiste en una propuesta para el diseño de un sensor de campo eléctrico en un rango de frecuencia medible de 26kHz hasta de un 1GHz. Este sensor es utilizado como instrumento de transferencia de campo eléctrico de un laboratorio de calibración para una instalación de ensayo de EMC (ElectroMagnetic Compatibility).

El sensor tiene la forma de un pequeño capacitor de placas paralelas donde entre sus placas se encuentra conectado en paralelo un diodo schottky, el cual actúa como detector de radiación o antena. El sensor también tiene un filtro pasabajas que permite extraer las componentes de baja frecuencia que se transmiten en una línea de transmisión de alta resistividad, permitiendo la medición de la componente del campo eléctrico que se desea medir, un voltímetro digital se utiliza para obtener una lectura de medición.

5.- LIMITES Y ALCANCES DEL TEMA

Este trabajo describe solo una parte de investigación sobre el sensor, el cual abarca tanto la parte teórica, sus modelo matemático y con el uso del Circuit Maker se evaluó su funcionamiento mediante la simulación del circuito, en la parte de prueba y construcción se deja a criterio del de la empresa mabe, esto debido a las limitaciones de tiempo durante la estancia o como una sugerencia que un estudiante en residencia las realice y que desarrolle el circuito ya que en este trabajo se dan todas las características de diseño del circuito y así como también la parte de la descripción de los componentes del sensor necesarios para su construcción.

6.- FUNDAMENTACION

6.1.- CONCEPTOS BASICOS DE RADIACION ELECTROMAGNETICA

Cuando se establecen ondas electromagnéticas en un cable coaxial, mediante un generador de corriente alterna conectado a uno de sus extremos, hay un flujo de energía a lo largo del cable, pero no fluye energía alguna fuera del cable hacia el espacio que lo rodea.

En el extremo lejano del cable, si es abierto, el caso es distinto. La mayor parte de la energía de la onda incidente se refleja, pero la otra abandona el cable y fluye hacia el espacio, esto se le conoce como radiada. Un tubo con un émbolo oscilante o un altavoz en unos de sus extremos proporciona una buena analogía. Cuando las ondas sonoras se propagan desde un altavoz a lo largo del tubo, la mayor parte de la energía sonora es reflejada en el extremo alejado, pero, si este extremo es abierto, parte del sonido es radiada hacia el espacio.

La eficacia de un circuito como radiador depende, en alto grado, de su forma como de sus dimensiones. Si el campo eléctrico está localizado, p.ej., entre dos hilos muy próximos, la energía radiada por segundo es relativamente pequeña. Cuando los hilos están separados y

el campo existente entre ellos tiene un valor apreciable en un volumen mayor aumenta la eficacia del circuito como radiador.

En las figura 1, se muestra a un conductor rectilíneo con un generador cualquiera de corriente alterna en su centro.

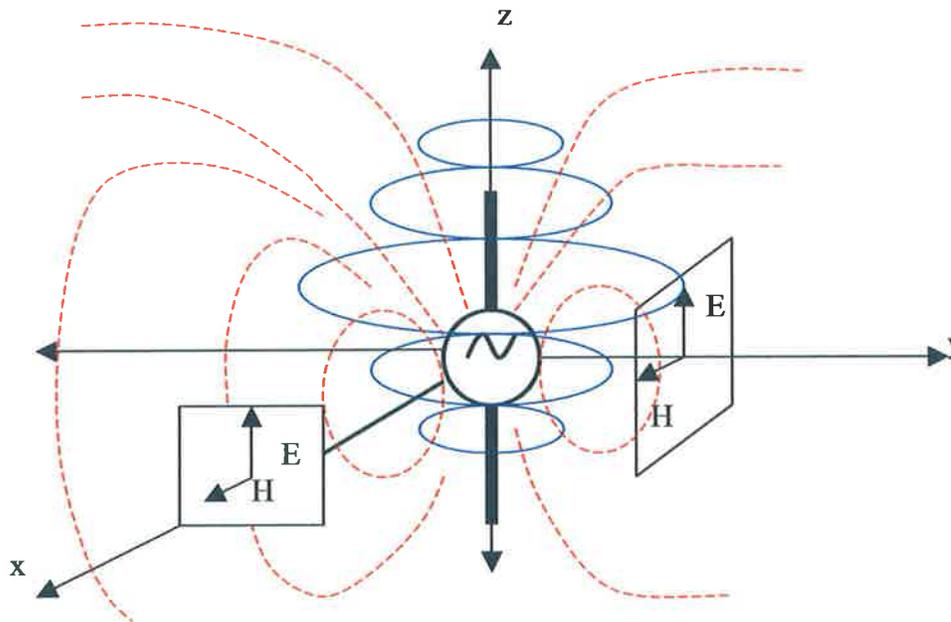


Figura 1 Radiación Electromagnética (Dipolo Oscilante)

El campo eléctrico tiene en cierto instante la forma general representada por las líneas de trazos. Cuando la polaridad del generador se invierte, también se invierte el campo. Puesto que en cada inversión se mueven cargas a lo largo del conductor, se encuentra rodeado por un campo magnético, representado por líneas continuas que son circunferencias cuyos centros están sobre el conductor. El campo magnético se invierte también en cada inversión de la corriente.

El campo eléctrico alrededor del conductor es análogo al campo que rodea al dipolo eléctrico, y el conjunto del campo eléctrico y el campo magnético es el que resultaría si el momento eléctrico del dipolo variase de valor sinusoidal mente. Por consiguiente, el conductor se denomina a menudo dipolo oscilante. La antena de una estación emisora de radio es un gran dipolo oscilante.

De acuerdo con lo visto anteriormente la radiación electromagnética es el producto de la variación periódica de los campos eléctricos y magnéticos. Un campo es una región del espacio en que la materia está sometida algún tipo de fuerza. En el caso de la radiación electromagnética, los campos son producidos por partículas cargas en movimiento.

Los distintos tipos de radiación electromagnética dependen directamente de las características de la onda que son: frecuencia, longitud de la onda y amplitud.

Longitud de onda (λ) es la distancia entre dos máximos consecutivos de la onda

La frecuencia (f) se define como el número de máximos que pasan por un punto en un tiempo determinado.

La amplitud (A) es la distancia que hay entre el punto de inflexión de la onda y el máximo.

Debido a que la velocidad de la luz es una constante e igual a “ c ”, existe una relación directa entre la frecuencia y la longitud de onda determinada, si sabemos que la onda se desplaza a velocidad “ c ”, para saber el número de veces que pasa un máximo por un punto, solo hace falta dividir la velocidad de la luz por entre la longitud de onda.

Tenemos por tanto, que :

$$v = \frac{\lambda}{c} \quad (1)$$

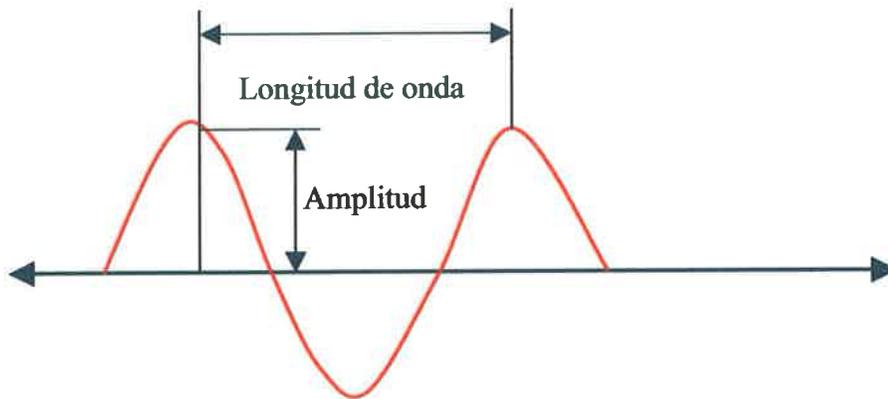


Figura 2, Parámetros de una Onda

6.2.- El CAMPO ELÉCTRICO

Se dice que existe un campo eléctrico en un punto, si sobre un cuerpo cargado colocado en dicho punto se ejerce una fuerza de origen eléctrico.

Puesto que la fuerza es una magnitud vectorial, también lo será el campo eléctrico, el valor del campo eléctrico en cualquier punto está representado por E , se define por el cociente en dividir la fuerza F ejercida sobre un cuerpo de prueba colocado en el punto, por la cantidad de carga “ q ” del cuerpo de prueba.

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{Nw}{coul} \quad (2)$$

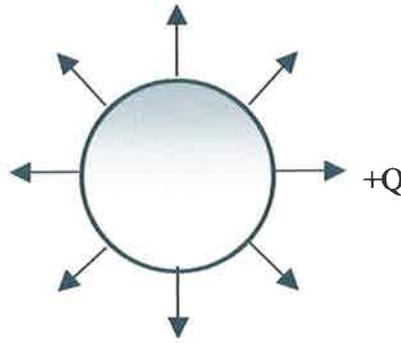


Figura 3, El espacio que rodea a una carga es un campo eléctrico

6.3.- CONDENSADOR Y CAPACITANCIA

Si se consideran dos conductores que tienen una diferencia de potencial V entre ellos, y supongamos que los dos conductores tienen carga iguales y de signo contrario, como se presenta en la figura 4. Esto se puede lograr conectando los dos conductores descargados a las terminales de una batería. Una combinación de conductores así cargados es un dispositivo conocido como condensador

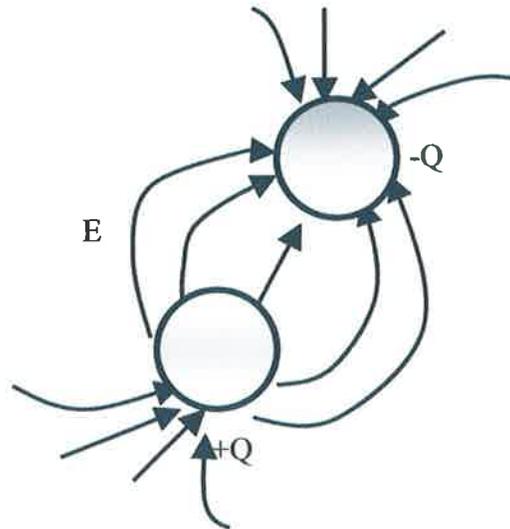


Figura 4, Un condensador consta de dos conductores aislados

La capacitancia C , de un condensador se define como la razón de la magnitud de la carga en cualquiera de los conductores a la diferencia de potencial entre ellos.

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\text{coul}}{\text{volts}} = \text{faradios} \quad (3)$$

Condensador de placas paralelas.

Dos placas paralelas de igual área A están separadas a una distancia “ d ”, como se muestra en la figura 5. Una placa tiene carga de $+Q$, y la otra, carga $-Q$. La carga por unidad de área en cada placa es $\sigma = Q/A$. Si las placas están muy cercanas una de la otra (comparada con su longitud y su ancho), podemos despreciar los efectos de los extremos y suponer que

el campo eléctrico es uniforme entre las placas y cero en cualquier otro lugar. La expresión matemática es:

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (4)$$

Donde: $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ coul}^2/\text{nw}^* \text{m}^2$

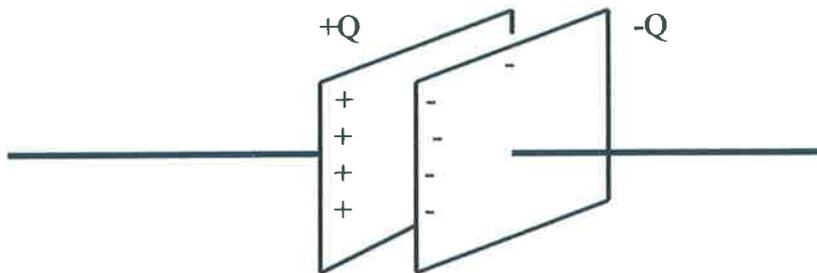


Figura 5, Condensador de placas paralelas

Coefficiente Dieléctrico

La mayoría de los condensadores tienen entre sus láminas una sustancia sólida no conductora llamada dieléctrico. Un tipo es el condensador de hojas de papel, en el cual las láminas están formadas por bandas de hojas metálicas y el dieléctrico es una capa de papel impregnada con cera. Arrollando este condensador, puede obtenerse una capacidad de varios microfaradios en un volumen demasiado pequeño.

Cuando precisamente se introduce un dieléctrico entre las placas paralelas, como puede ser vidrio, baquelita, o ebonita, se observa que la diferencia de potencial disminuye hasta un valor menor. Ahora si se suprime el dieléctrico, la diferencia de potencial vuelve hasta su valor inicial.

La capacidad inicial C_0 , del condensador era:

$$C_0 = \frac{Q}{V_0} \quad (5)$$

La capacidad con el dieléctrico entre las láminas, de la ec. 3:

$$C = \frac{Q}{V} \quad \text{de (3)}$$

Puesto que Q no varía y se observa que V es menor que V_0 , deducimos que C es mayor que C_0 .

La razón de C a C_0 se denomina coeficiente dieléctrico, K, de la sustancia:

$$K = \frac{C}{C_0} \quad (6)$$

Dado que C es siempre mayor que C_0 , el coeficiente dieléctrico de todos los dieléctricos mayor que la unidad

El Campo Eléctrico entre Placas Paralelas.

Consideremos un eje x paralelo al campo, como se indica en la figura 6, y se considera dos puntos "a" y "b" en las caras interiores de las láminas. Se tiene:

$$V_{ab} = -V_{ba} = \int_a^b E \cos\theta \, ds \quad (7)$$

Pero:

$$E = \text{const.}: \cos\theta = 1: ds = dx; \quad (8)$$

Luego de 7:

$$V_{ab} = E \int_{x_a}^{x_b} dx = E (x_b - x_a) = Ed \quad (9)$$

$$E = \frac{V_{ab}}{d} = \frac{\text{Volts}}{\text{metros}} \quad (10)$$

Para calcular el voltaje radiado, es:

$$V_i(t) = \frac{E_i(t) \cdot d}{\xi_r} \quad (11)$$

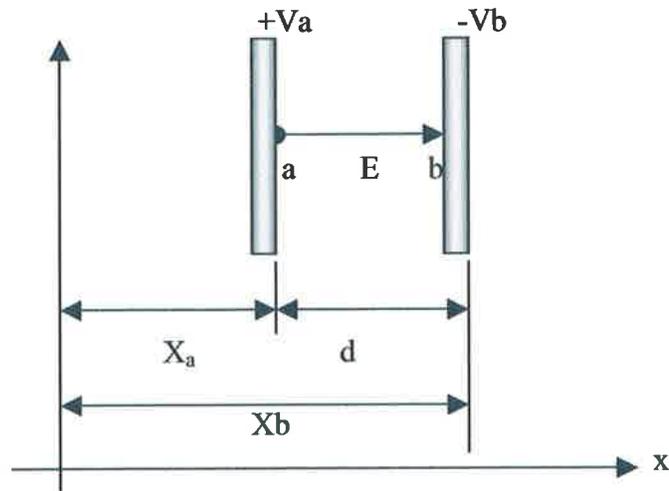


Figura 6, Campo Eléctrico entre placas paralelas

Este resultado de campo eléctrico es muy necesario para poder calcular nuestra capacidad de nuestro condensador, finalmente podemos decir que: el producto $K\epsilon_0$ se denomina capacidad específica de inducción de dieléctrico y se representa por ϵ :

$$\epsilon = K\epsilon_0 \quad (12)$$

Finalmente podemos decir, de la ec 4:

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (13)$$

Esta fórmula se refiere a la capacidad de un condensador plano con dieléctrico entre sus láminas.

Donde:

K = Coeficiente Dieléctrico

ϵ = Capacidad específica de inducción

6.4.-EL DIODO SCHOTTKY

En esta parte se trata de dar una explicación breve sobre las características del diodo schottky no se profundiza en la física del semiconductor, si no más bien, en su funcionamiento ya que este tiene una función principal en el sensor de campo eléctrico.

Los diodos schottky se usan esencialmente en aplicaciones de alta frecuencia y conmutación rápida.

En la figura 7, se muestra el símbolo para representar este tipo de diodo, debido a la conmutación rápida que tiene como cualidad este diodo es el que se usa para captar el RF (Radio frecuencia), es decir que se puede para rectificar señales de muy alta frecuencia. También se utilizan en muchos circuitos digitales a fin de disminuir los tiempos de conmutación.



Figura 7, Símbolo para el diodo Schottky

6.5.-AMPLIFICADOR NO INVERSOR

Debido a que el voltaje de salida del circuito π o de los pasa bajas proporcionan voltajes de salidas muy bajos es necesario utilizar un amplificador operacional para obtener voltajes de salidas que puedan ser medibles por algún equipo de medición de voltajes.

En la figura 8, se muestra un amplificador operacional configurado como amplificador no inversor, este proporcionará una ganancia de voltaje. La señal de entrada se aplica a la entrada no inversora. La salida se aplica de regreso a la entrada inversora a través de la red de realimentación negativa formada por R_i y R_f forman una red divisora de voltaje que reduce la salida V_{sal} y conectada al voltaje reducido V_f a la entrada inversora .

El voltaje de realimentación se expresa como:

$$V_f = \frac{R_i}{R_i + R_f} V_{sal} \quad (14)$$

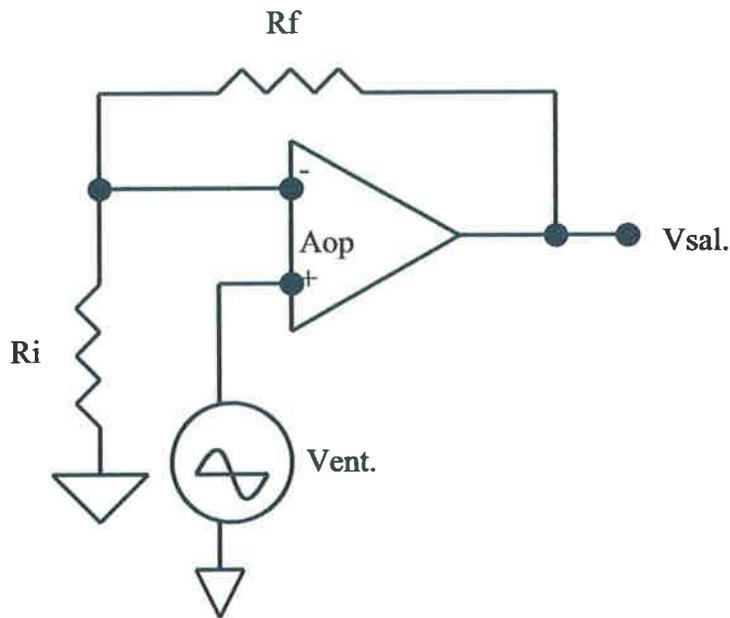


Figura 8, Amplificador Operacional No Inversor

La ganancia se expresa:

$$Ac_{(NI)} = \frac{V_{sal}}{V_{ent}} \quad (15)$$

$$Ac_{(NI)} = 1 + \frac{R_f}{R_i} \quad (16)$$

Hasta aquí se proporciona toda la teoría necesaria y su suficiente en el desarrollo del sensor de campo eléctrico.

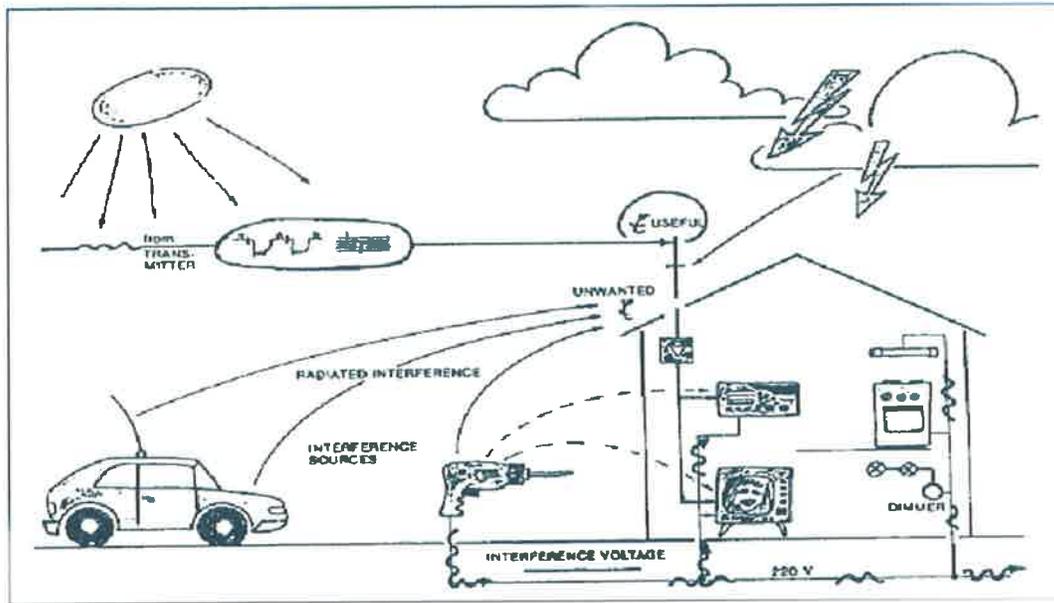


Figura 9, Ambiente Electromagnético

6.6.- PROBLEMA A RESOLVER

Anteriormente, hablando entre los años 50's, 60's y quizá hasta los 80'as los equipos domésticos, tales como radios, tv's entre otros, captaban ruido de algún tipo de trasmisor que se filtraba al receptor y así afectando a la electrónica estos equipos.

Pongamos como ejemplo la figura 10, se muestra un diagrama de bloques de un receptor de AM de radiodifusión. La antena envía al amplificador de radiofrecuencia (RF) una señal de muy bajo nivel de salida que podrá alcanzar el nivel suficiente para excitar la entrada de pequeña señal del mezclador llega del circuito llamado oscilador local (OL).

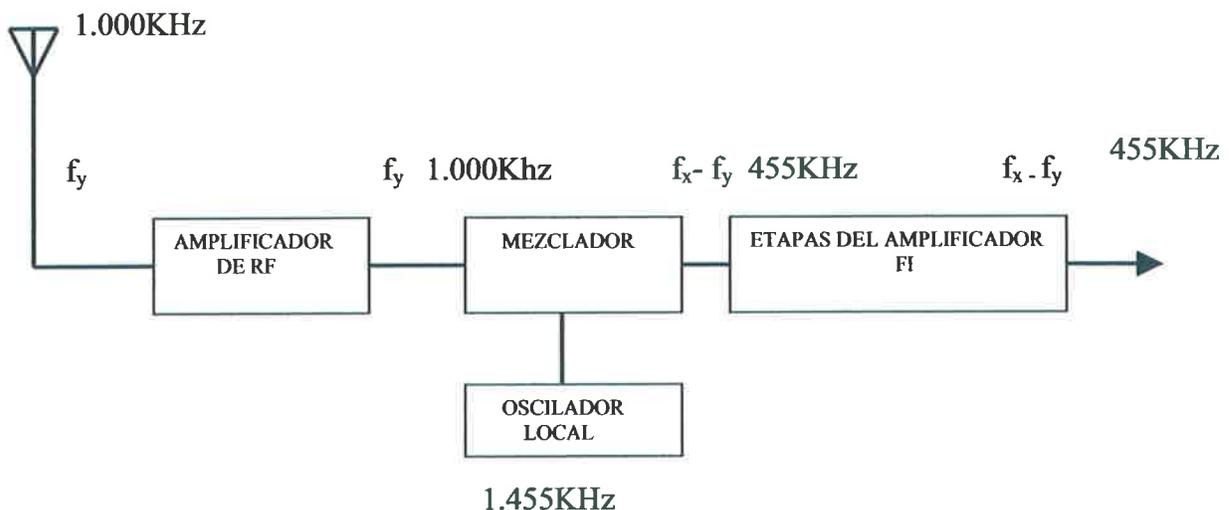


Figura 10, Mezclador de Frecuencia

Esta señal es mucho mayor y produce el funcionamiento no lineal necesario para obtener las frecuencias suma y diferencias. El mezclador incluye un filtro que bloquea todas las frecuencias excepto $f_x - f_y$.

La señal de diferencias excita varias etapas que recibe el amplificador de frecuencia intermedia (FI). Estas elevan las ganancias de tensión de la señal para posteriormente incidir sobre otros circuitos del receptor.

Pongamos como ejemplo, cuándo se sintoniza una emisora a una frecuencia de 1000 Khz., pasa la siguiente operación:

- 1.- Se ajusta el condensador del amplificador de RF a 1000 Khz.
- 2.- Ajustar otro condensador para obtener una frecuencia en el OL de 1455KHz

Como se aprecia en la figura 10, la salida del mezclador es de 455 Khz. a dicha frecuencia están sintonizado dichos amplificadores de FI.

Esto quiere decir, que cualquier receptor moderno utilizará usualmente, un grupo de amplificadores de FI sintonizados en la misma frecuencia. La señal de entrada será convertida a otra señal de esta frecuencia intermedia.

En esta sección no se trata de entrar en detalles del funcionamiento de algún tipo de receptor si más bien de dar la idea de esta teoría en la aplicación de este trabajo de investigación que más adelante se aclarará esto.

6.6.1- Ruido

Llamamos ruido a una clase de señal no deseada que no se genera a partir de las armónicas de la señal de entrada. El ruido contiene componentes sinusoidales de todas las frecuencias.

Algunas de estas componentes se mezclan con la señal de OL (Oscilador Local) y produce diferentes frecuencias en la salida del mezclador. Por ello, las etapas de frecuencias intermedias amplificarán tanto la señal como el ruido no deseado, ver figura 9.

6.6.2- Algunas Clases de Ruido

El ruido es originado por algún tipo equipo eléctrico que actúa como transmisor, como es el caso de :

- a.- Motores Eléctricos
- b.- Luces de Neón
- c.- Líneas de Transmisión
- d.- Motores de Automóviles e Iluminación

Estos producen campos electromagnéticos, estos son capaces de inducir algún tipo de ruido en equipos electrodomésticos. Para reducir esta clase de ruido, debemos apantallar los

circuitos y sus cables de conexión con la finalidad de reducir la afectación de inducción electromagnética para estos tipo de enseres.

Es por esto que la empresa mabe y como otras tratan de mejorar y ofrecer un mejor servicio en su producto que se ofrece al mercado teniendo con ello una mejor calidad.

La industria mabe diseño tiene laboratorios de investigación que se dedican a una mejora continúa en su producto, uno de ellos es el laboratorio de pruebas eléctricas, es aquí en dónde se llevan acabo dos tipos de pruebas importantes, las cuales son, Pruebas Radiadas y Pruebas conducidas.

El tipo de prueba que es de interés, hasta cierto punto, es la prueba radiada ya que con esta prueba se radia con RF para ver si de alguna manera al equipo que se le hace la prueba, puede ser un horno de microondas, lavadoras, refrigeradores y estufas se ven afectados por algún tipo de frecuencia que afecte el funcionamiento estos productos, pongamos como ejemplo, cuando se energizaba un taladro, este actuaba como transmisor y estas frecuencias emitidas por este eran captadas por un radio, esto se manifiesta como ruido y en las tv's sucedía lo mismo, como se mencionó anteriormente se mezclaba con el oscilador local (OL).

Precisamente la Industria mabe y de acuerdo con las normas de calidad, Norma IECGI- 4 – 2 (Pruebas Eléctricas) que todo equipo esté exento de este tipo de problemas, y con ello se mejora la calidad en el servicio.

Cabe aclarar que este trabajo no está enfocada a resolver el problema de la inducción de ruido que afecta a la línea blanca si no más bien se presenta un tipo de problema pongamos como ejemplo, que cuando a un refrigerador se les esta haciendo la prueba radiada, no se ve afectado por alguna frecuencia que afecte al funcionamiento de sus circuitos eléctricos internos, cabe aclarar que cuando se está llevando acabo alguna prueba, como sería Keyning Interference la prueba se le hace a un refrigerador el cual se encuentra su control en la posición Botton Mounth y se inicia un barrido de RF $26\text{MHz} \leq f_b \leq 1\text{GHz}$ cuando el barrido pasa por la frecuencia 41.91 MHz activando también el forward a los 129 Watts, tanto el Amplificador como el medidor de potencia activan la alarma indicando que existe un problema, esto ocasiona que si no se corta la prueba se inyecta más potencia hacia a la antena (en Watts) va ocasionar algún tipo de problema al equipo bajo prueba.

El apoyo que quiere la industria mabe es comprobar a través de otro sensor de campo eléctrico si el campo radiado por la antena sigue manteniendo lo 6.7V/m dentro de la cámara anecoína, precisamente este es el objetivo de este proyecto de investigación

A continuación se proporciona el diagrama de bloques del equipo mabe que cuenta en su laboratorio, ver figura 11 y 12.

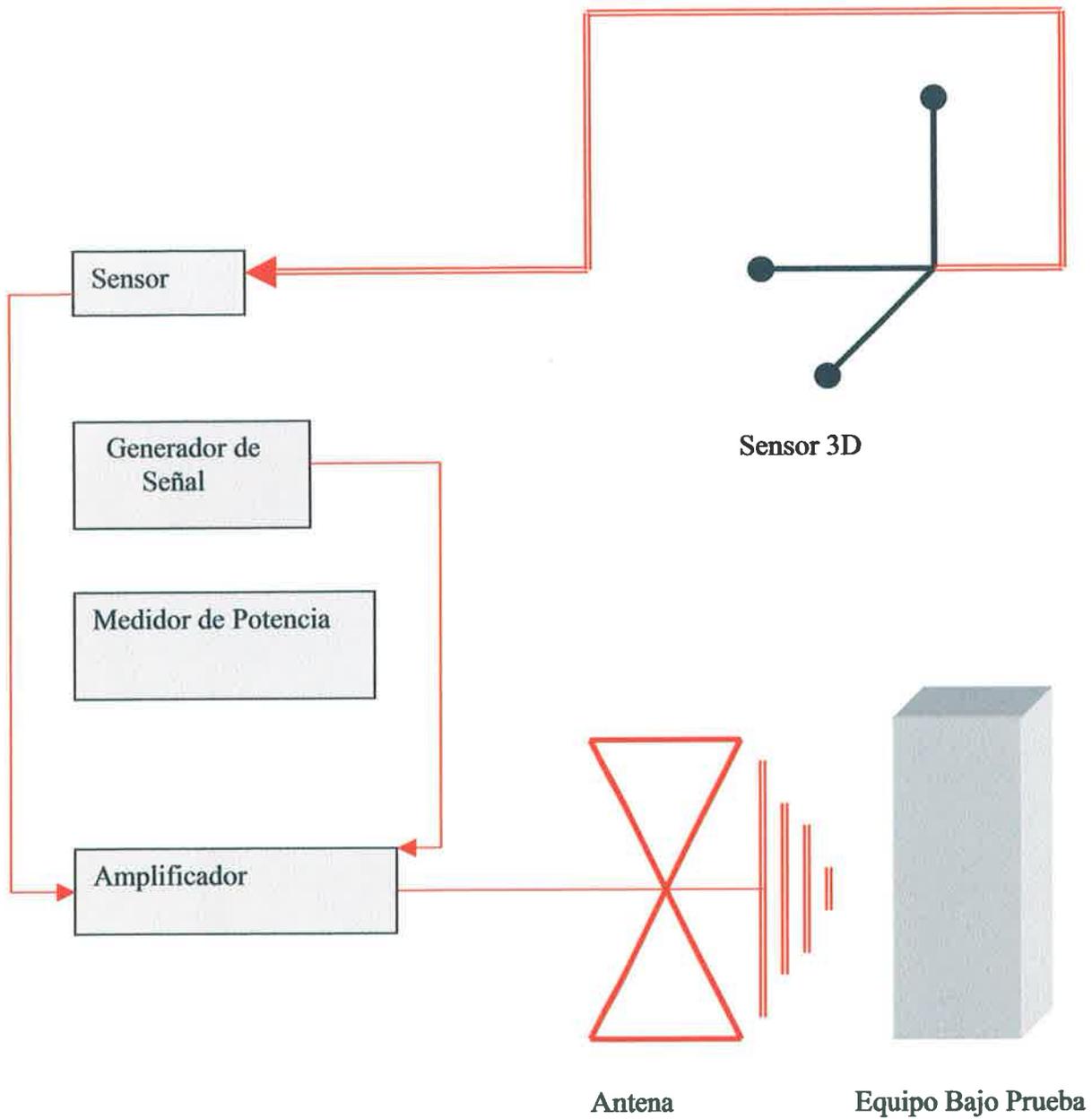


Figura 11

CUARTO DE PROTECCION

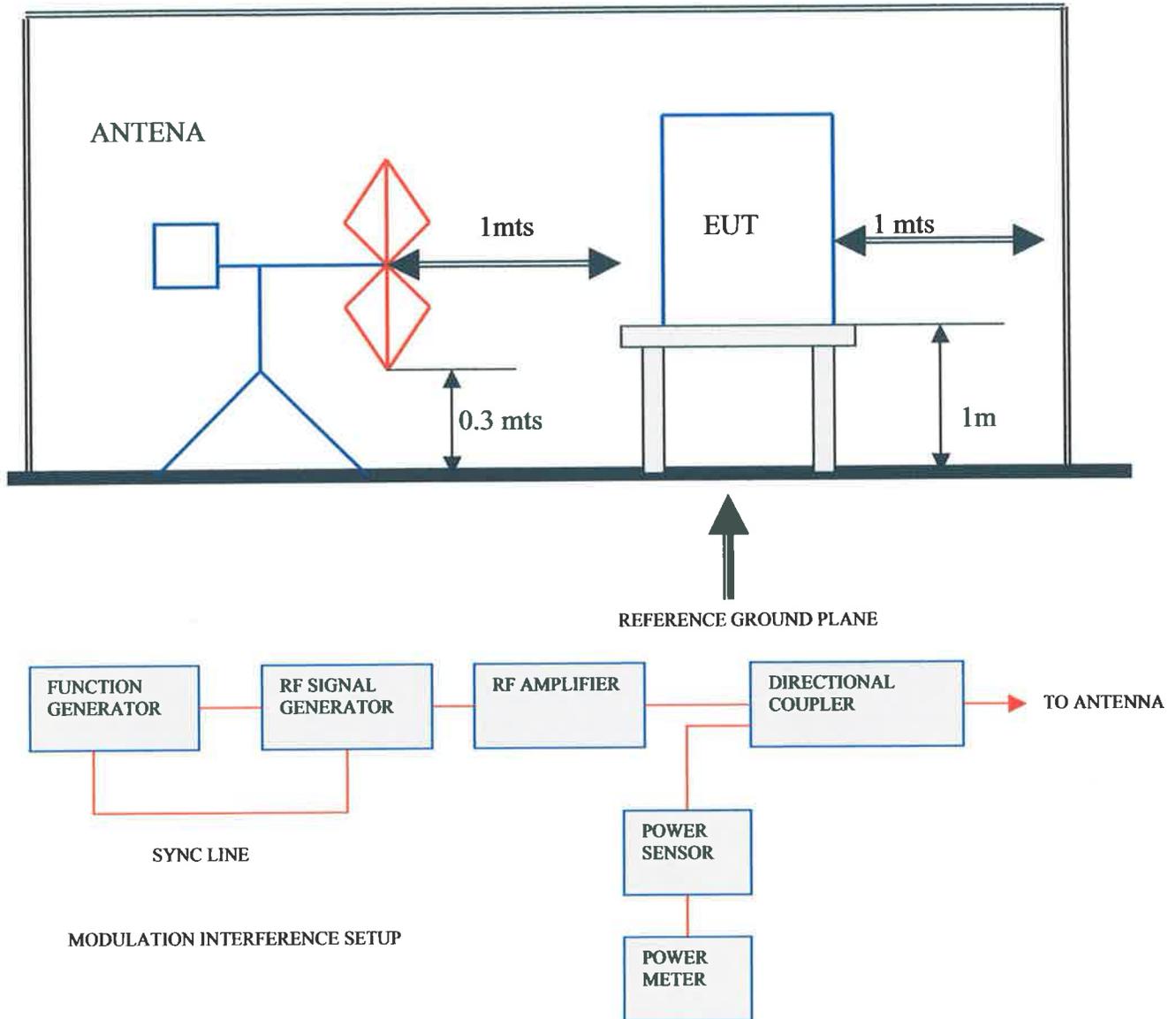


Figura 12, Cámara Anecoica y Diagrama de Bloques

7.- DISEÑO DEL SENSOR

7.1.- Cálculo de la Capacidad

En este espacio se dan los pasos correspondiente en el diseño del condensador y después la parte del análisis matemático de la capacidad del mismo.

El tipo de material que se usa debe ser una placa epoxy (placa fenólica), se usa para ser el condensador de disco tipo placas paralelas, el cual tiene las siguientes características dimensionales 12mm de ϕ y 1.5mm de separación hechos de material de cobre, doble cara.

Continuación se procede a calcular la capacidad del condensador, primero calcularemos la capacidad del condensador sin dieléctrico, esto es para corroborar la constante dieléctrica "K", y es seguida con el dieléctrico que presenta la tabla epoxy.

Banco de Datos:

$$\phi = 12\text{mm} = 0.012$$

$K = \xi_r =$ constante dieléctrica = 4.7, esta constante esta en lo anexos

$$r = 0.006 \text{ mts.}$$

$$A = \pi r^2 = \pi (0.006)^2 = 0.000113097\text{mts.}$$

Fórmula para calcular la capacidad, de la ec. 4:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

$$C = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{coul}^2}{\text{Nw} \cdot \text{m}^2} \times \frac{0.000113097 \text{ m}^2}{0.0015\text{mts}}$$

$C = 6.6727 \times 10^{-13} \text{ f}$, esta es la capacidad sin el dieléctrico.

Ahora con dieléctrico, de las ec. 12 y 13, $K = 4.7$

$$C = 4.7 \times 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{coul}^2}{\text{Nw} \cdot \text{m}^2} \times \frac{0.000113097 \text{ m}^2}{0.0015\text{mts}} = 3.13\text{pF}$$

Esta es la capacidad que debe tener el condensador.

Comprobación de la constante dieléctrica, de 6.

$$K = \frac{C}{C_0} = \frac{3.12 \times 10^{-12} \text{f}}{6.672723 \times 10^{-13} \text{ f}}$$

$$K = 4.69$$

Como se está radiando campo electromagnético dentro la cámara aneconica, se procede a calcular la tensión inducida en el sensor o antena que en nuestro condensador, como se sabe se empieza con un barrido de inicial de campo eléctrico de 6.7 V/m y frecuencia inicial de 26 KHz, usando la ec. 11, calculando:

$$V_i(t) = \frac{E_i(t) \cdot d}{\xi_r} = \frac{6.7 \text{ V/m} \cdot 0.0015 \text{ m}}{4.7} = 0.00213 \text{ volts} = 2.13 \text{ mV}$$

Este es el voltaje inducido que capta nuestra antena (o sensor), que viene siendo nuestro condensador, este voltaje se considera como voltaje eficaz. La tensión inducida $V_i(t)$ es una señal inducida senoidal.

$$V_f = 2.13 \text{ mV.} \quad V_{\text{máx}} = 1.414213 \times V_f \quad (17)$$

Para el voltaje máximo, de 17, $V_{\text{máx}} = 1.414213 \cdot 2.13 \text{ mV} = 0.003012 \text{ Volts.}$

7.2.- Selección del Diodo Schottky

Dentro de las características de trabajo, cabe recordar que el barrido se empieza con una frecuencia de 26khz hasta 1 ghz. Ya que este es el que va captar la frecuencia inducida siendo el que más se apega a nuestras necesidades de diseño.

La marca Newarkinone (su página en internet www.newarkinone.com.mx) ofrece un diodo schottky con la siguientes características:

SCHOTTKY- BARRIER DIODO

HIGH FREQUENCY – UP TO 14 GHZ

$C_t = 0.3 \text{ pF}$

$V_f = 0.35 \text{ Volts}$

$R_d = 14\Omega$

Su número de parte es: HSM-2865- BLKG- UNNECTED PAIR-142, en el anexo 3 se tiene la hoja de datos para una mayor información.

7.3.-CIRCUITO DE SIMULACION Y MODELO MATEMÁTICO

El circuito propuesto, esta compuesto por dos partes, una de ellas está el captador del campo eléctricos junto con el diódo schottky y la otra parte están los filtros pasabajas los cuales se analizaran de una manera independiente.

El circuito propuesto y es el que se muestra en la figura 12:

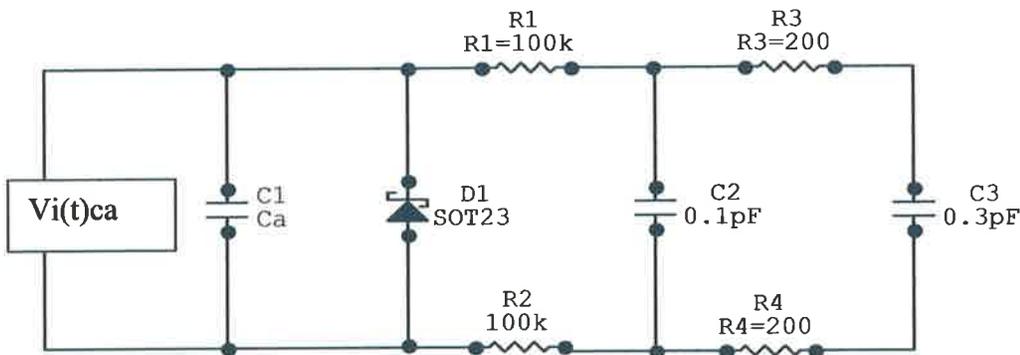


Figura 12, Circuito Propuesto

En este circuito queda pendiente el amplificador inversor, esto se tratará más adelante.

7.3.1.-Modelo Matemático

En la primera parte se analiza el comportamiento del diódo schottky a través del modelo matemático, el circuito equivalente es:

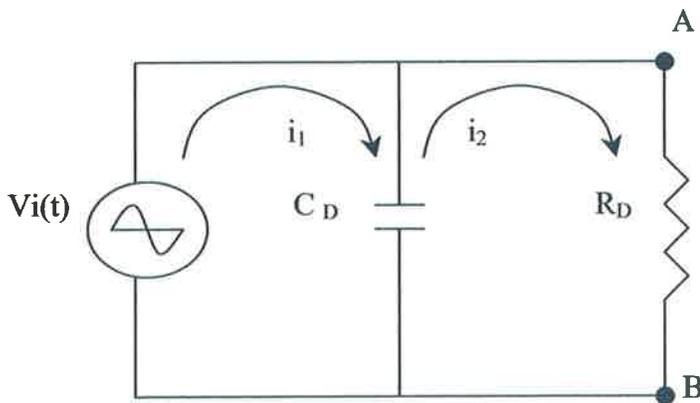


Figura 13, Circuito equivalente del diodo schottky

Las ecuaciones de las mallas son:

$$V_i(t) = \frac{1}{C_D} \int (i_1 - i_2) dt \quad \text{----- (18)}$$

$$0 = i_2 R_D + \frac{1}{C_D} \int (i_2 - i_1) dt \quad \text{----- (19)}$$

Estas ecuaciones están en el dominio del tiempo en seguida nada más se proporciona el resultado en Laplace de estas ecuaciones:

$$C_D s V_i(s) = I_1(s) - I_2(s) \quad \text{----- (20)}$$

$$0 = R_D I_2(s) + \frac{I_2(s) - I_1(s)}{C_D} \quad \text{----- (21)}$$

Después se hace una serie de pasos algebraicos se llega:

$$\frac{V_{AB}}{R_D} = \frac{V_i(t)}{R_D} \quad \text{----- (22)}$$

$$V_{AB} = V_i(t)$$

Esto es el voltaje a la salida del diodo schottky y cabe recordar que el sistema está oscilando, entonces se hace la siguiente consideración, se tiene:

$$V_{AB} = V_{m\acute{a}x} \sin(\omega t) \quad \text{----- (23)}$$

Se sabe que, de la ec. 17:

$$V_{ef} = \frac{V_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}} \quad \text{----- (24)}$$

Se calculará el voltaje máximo, usando la ec (17):

$$V_{ef} = V_i(t) = 2.13 \text{ mV}$$

$$V_{m\acute{a}x} = \sqrt{2} V_{ef} = 1.4142 * 0.00213 \text{ volts} = 3.012 \text{ mV}$$

Estos resultados se concuerdan con los de la simulación que más adelante se proporcionan.

En el análisis de la segunda parte del circuito se tiene filtros pasa bajas. Debido a que nuestro circuito RC y anterior, se inyectan altas frecuencias, se hace los siguientes comentarios de una manera muy breve de este filtro pasa bajas.

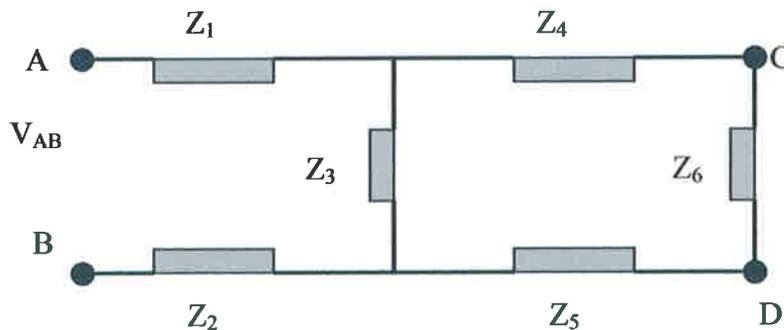
Se sabe que se están radiando campos electromagnéticos con frecuencias altas, debido a esta situación, este tipo de filtro tiene la propiedad de transmitir frecuencias altas podemos citar que a medida que la frecuencia aumenta, cabe recordar que mabe en su laboratorio de pruebas eléctricas empieza aumentar la frecuencia, esto es con la finalidad que su equipo de prueba manifiesta alguna irregularidad en su funcionamiento cuando cambian las frecuencias.

En el circuito RC, es decir la reactancia capacitaba decrece cuando aumenta la frecuencia y cuándo es más alta la frecuencia los capacitores actúan como si fuera un corto circuito, y debido a este comportamiento el voltaje de salida empieza a decrecer.

Este comportamiento se demuestra con los modelos matemáticos y con la ayuda de la simulación.

En la salida del filtro pasa bajas manifiesta voltajes bajos en la medida que sube la frecuencia, en este punto se propone implementar un amplificador inversor para aumentar el voltaje de salida y con esto estaremos monitoreando el campo radiado dentro de la cámara anecoica.

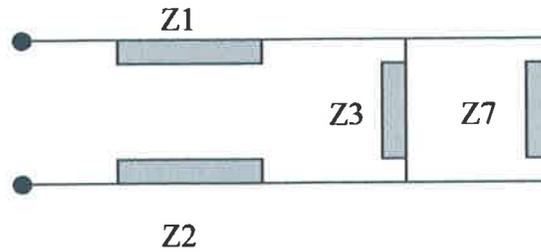
Aclarado lo anterior, se procede con el análisis de la segunda parte de nuestro circuito, se resolverá a través de impedancia porque es una manera más sencilla de resolver .



Resolviendo:

$$Z_7 = Z_4 + Z_5 + Z_6 = 200\Omega + \frac{1}{sC_2} \quad \text{-----(25)}$$

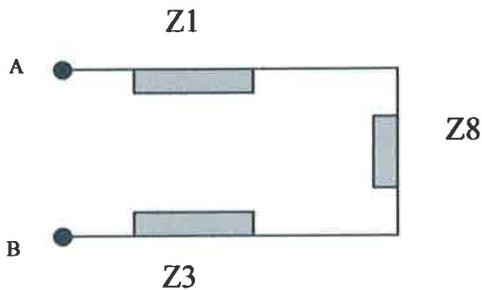
Con esto queda el siguiente circuito equivalente:



Con esto se va obtener Z8:

$$Z_8 = \frac{Z_3 \cdot Z_7}{Z_3 + Z_7} = \frac{\frac{1}{sC_1} \left[400\Omega + \frac{1}{sC_2} \right]}{\frac{1}{sC_2} + \left[400\Omega + \frac{1}{sC_2} \right]} \quad \text{----(26)}$$

El circuito resultante equivalente es:



$$Z_9 = Z_1 + Z_2 + Z_8 \quad \text{-----(27)}$$

$$Z_9 = 200K + \left[\frac{\frac{1}{sC_1} \left[400\Omega + \frac{1}{sC_2} \right]}{\frac{1}{sC_2} + \left[400\Omega + \frac{1}{sC_2} \right]} \right] \quad \text{----- (28)}$$

La impedancia total es:



Haciendo:

$$s = \sigma + j\omega, \text{ ----(29)}$$

$$s = j\omega, \text{ ----(30)}$$

$$j\omega = j2\pi f \text{ ---(31)}$$

Con estos ecuación se encontrará la primera muestra y las demás:

$$V_{ef} = 0.00213 \text{Volts}, \quad Z_1 = 100\text{K}, \quad Z_2 = 100\text{K}, \quad Z_3 = 0.1\text{pF}, \quad Z_6 = 0.3\text{pF}, \quad Z_4 = Z_5 = 200\Omega$$

$$f = 26 \text{ KHz}$$

Con la última expresión se calcula la impedancia total, de la ec. 28:

$$Z_9 = 200 \text{ K} + \left[\frac{1}{j2\pi \cdot 0.1 \times 10^{-12} \cdot 26000} \left[400\Omega + \frac{1}{j2\pi \cdot 26000 \cdot 0.3 \times 10^{-12}} \right] \right. \\ \left. \frac{1}{j2\pi \cdot 26000 \cdot 0.3 \times 10^{-12}} + \frac{400\Omega}{j2\pi \cdot 26000 \cdot 0.3 \times 10^{-12}} \right]$$

$$Z_t = Z_9 = 15196515.27 \text{ohms}$$

Se procede a calcular la corriente total:

$$I_T = \frac{V_T}{Z_9} = \frac{0.00213\text{V}}{15196515.27 \text{ohm}} \text{ -----(32)}$$

$$I_T = 1.401 \times 10^{-10} \text{ Amp} = 140.1 \text{pA}$$

Esta es la corriente total, con esta corriente es necesaria ya que con esta se conocerá el potencial en el "c" o V_c , y luego V_e esto se muestra en la siguiente figura 14.

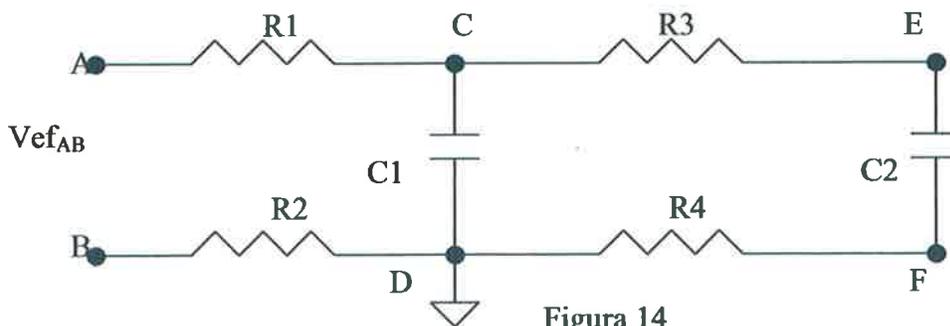


Figura 14

$$I_T = \frac{V_{AC}}{R_1} = \frac{V_A - V_B}{R_1} \text{-----(33)}$$

$$1.401 \times 10^{-10} \text{ Amp} = \frac{0.00213}{100\,000}$$

$$1.401 \times 10^{-10} \times 100\,000 = 0.00213 - V_c$$

$$0.0000140 = 0.00213 - V_c$$

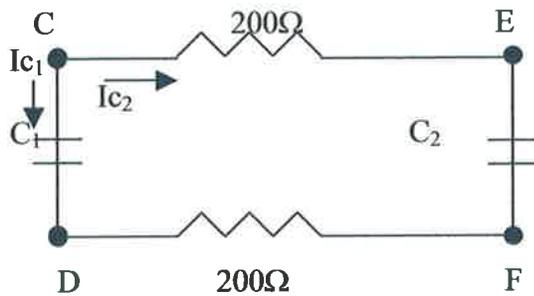
$$0.0000140 - 0.00213 = -V_c$$

$$-0.002113 = -V_c$$

$$V_c = 0.002113 \text{ Volts}$$

Esto resultado concuerda con la simulación.

Se analiza la siguiente malla:



Con esto se encuentra el potencial V_e , aplicando Kirchhoff, la 1ra. Ley de las corrientes.

$$I_T - I_{C1} - I_{C2} = 0 \text{-----(34)}$$

$$I_{C2} = I_T - I_{C1} \text{-----(35)}$$

Encontrando I_{C1} , procede a calcular la Reactancia capacitava:

$$X_{C1} = \frac{1}{2\pi f C_1} = \frac{1}{2\pi * (26000)(0.1 \times 10^{-12})} \text{-----} (36)$$

$$X_{C1} = 61213439.65 \Omega$$

$$I_{C1} = \frac{V_{cd}}{61213439.65} = \frac{V_c - V_d}{61213439.65}$$

$$V_d = 0 \text{ Volts}$$

$$I_{C1} = \frac{0.00213}{61213439.65} = 3.45 \times 10^{-11} \text{ Amp.}$$

Sustituyendo en la expresión, usando la ec. 35:

$$I_{C2} = I_T - I_{C1}$$

$$I_{C2} = 1.401 \times 10^{-10} - 3.45 \times 10^{-11}$$

$$I_{C2} = 1.0566 \times 10^{-10} \text{ Amp}$$

Tendiendo, I_{C2} se procede a calcular V_e , entonces:

$$I_{C2} = \frac{V_{CE}}{R_4} \text{-----} (37)$$

$$V_{CE} = I_{C2} * R_4 = 1.055 \times 10^{-10} \times 200\,000 = 2.1 \times 10^{-10} \text{ Volts}$$

$$V_c - V_E = 2.10 \times 10^{-10} \text{ Volts}$$

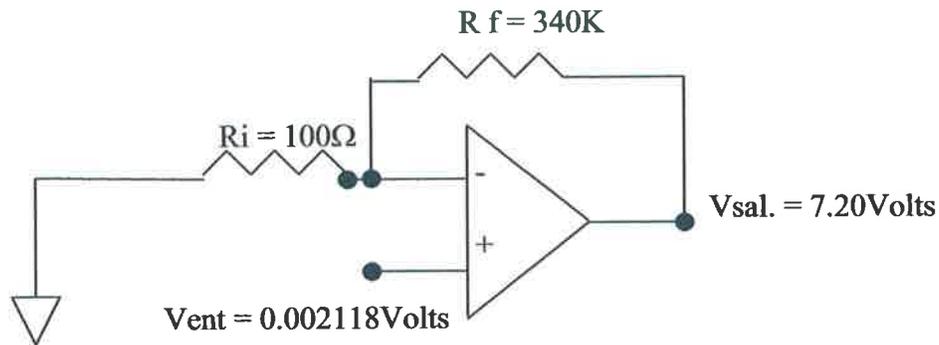
$$-V_E = -V_c + 2.1 \times 10^{-10}$$

$$V_E = 0.002113 - 2.1 \times 10^{-8} = 0.0021129 \text{ Volts}$$

Este es el voltaje en la salida del circuito, acabe añadir que este voltaje va a variar cuando se empiece con el barrido de la frecuencia, por lo antes explicado.

7.3.2.- Análisis Matemático del Amplificador No Inversor

Dentro de este análisis se investiga valores de voltaje de salida de amplificador operacional que nos de 6.7 volts este voltaje es el voltaje del campo eléctrico, el circuito propuesto es:



7.3.2.1.- Análisis Matemático.

De 16:

$$Acl (NI) = 1 + \frac{340k}{100\Omega} = 3401 \text{ es la ganancia}$$

De 12:

$$V_{sal} = Acl (NI) * V_{ent} = 3401 * 0.002118 \text{ volts} = 7.20 \text{ Volts}$$

Este es valor aproximado en la simulación.

7.3.3.- Simulación

A continuación se describe las condiciones de simulación del sensor usando el circuit maker, el ejercicio se empieza con un barrido de distintas frecuencias, es decir que para nuestra demostración de simulación los valores de frecuencia se muestran en la simulación, ver tabla 1.

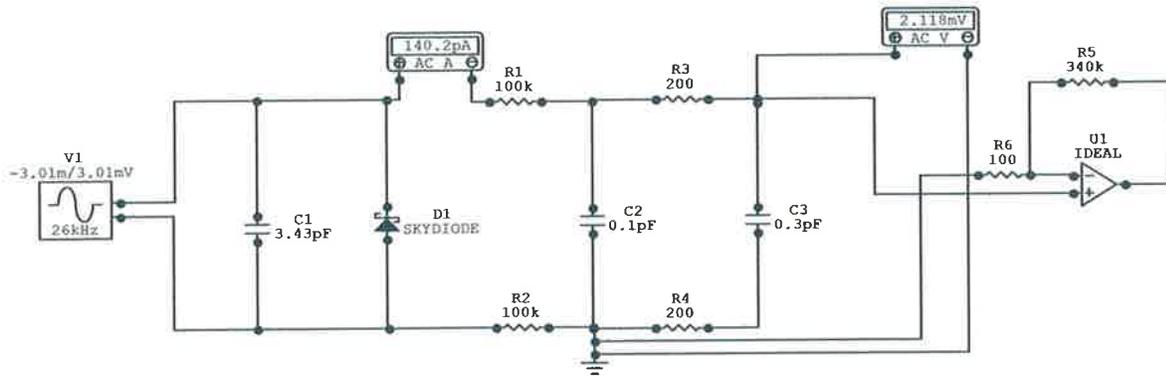


TABLA 1.- Banco de datos de la Simulación

E(V/m)	f	I	V _E	V _{op}
6.7	26 KHz	138.9pA	2.118mV	6.982V
6.64	100KHz	532.1pA	2.120mV	6.987V
6.45	500KHz	2.36 nA	2.059mV	6.785V
5.95	1MHz	4.679nA	1.899mV	6.255V
5.32	1.5MHz	6.26nA	1.700mV	5.600V
4.71	2 MHz	7.347nA	1.506mV	4.960V

con esto se incrementan la ganancia hasta ajustarla en el orden de los volts logrando la mejora de la lectura del voltaje, el amplificador operacional recomendado es el 741 por que se encuentra fácilmente en el mercado y es de uso común.

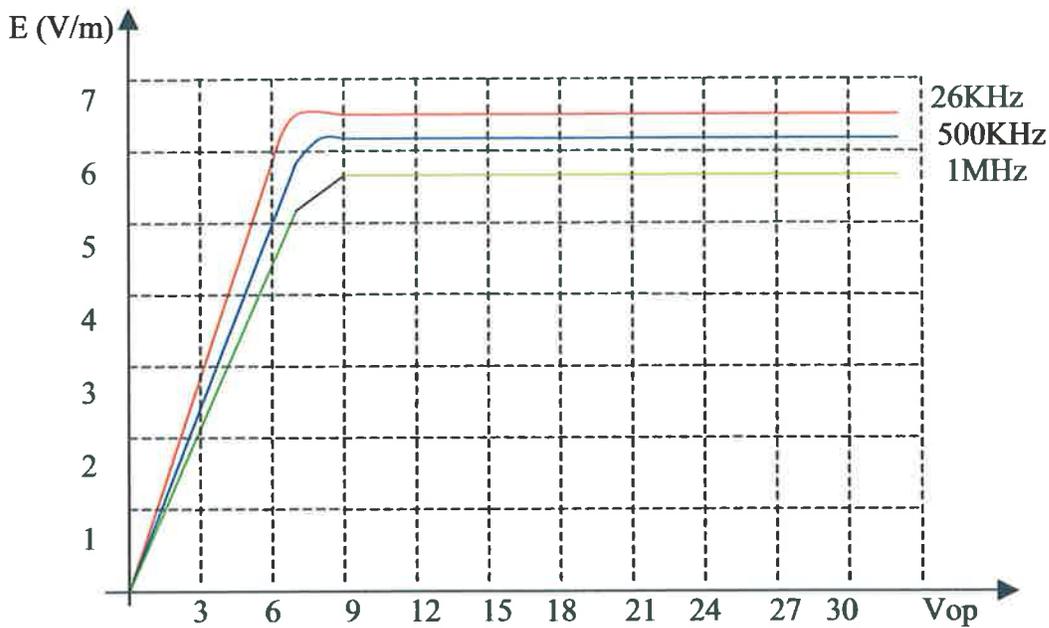


Figura 16, Gráfica Campo Eléctrico Vs. Vop

8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se dan las características del circuito necesario para la construcción de un sensor de campo eléctrico para altas frecuencias.

Se ha simulado y caracterizado el circuito por medio del software circuit Maker

En lo particular sugiero dos, una de ellas sería es hacer una imagen virtual con el paquete llamado LabView, ya que con esto se puede hacer, a través de la programación una imagen virtual de un volmetro y es muy necesario contar con una tarjeta de adquisición de datos.

La otra opción, la cuál es novedosa en el mercado es el de adquirir el multímetro profesional con interface para la pc (Mul- 500), este equipo ofrece una imagen virtual con la que puede visualizarse la lectura del voltaje, esta opción se evita lo complicado de la programación, como sería el caso de la opción anterior.

Dentro del cuadro de análisis del circuito, cabe señalar que en segundo pasabajas, se pueden modificar lo valores de resistencia, esto es con la finalidad de elevar el voltaje en el punto "E" o el potencial en V_E , adecuarlo al voltaje de salida del operacional por que si no se hace esto se obtendrán voltajes del orden de micro o picovolts lo que hace difícil la lectura en este rango.

El voltaje se puede incrementar ajustando los valores de resistencia de R3 y R4 que se encuentran en el circuito propuesto del sensor más aún en el segundo pasabajas.

Esto se mejora si se conecta en el punto " E " del circuito un amplificador operacional inversor, la ganancia de salida de este se logra ajustando los valores de resistencia R_f y R_i ,

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Principio de Electrónica
At.: Albert Paul Malvino
Ed.: Mc Graw - Hill
- 2.- Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrales Lineales
At.: Frederick F. Driscoll
Ed.: Prentice Hall
- 3.- Dispositivos Electrónicos
At.: Thomas L. Floyd
Ed.: Limusa
- 4.- Diseño Electrónico (Circuitos y Sistemas)
At.:
Ed.: Addison –Wesley Iberoamerica
- 5.- Electricidad y Magnetismo
At.: Raymond A. Serway
Ed.: Mc Graw – Hill
- 6.- Ing. De Control Moderno
At.: Katsuhiko Ogata
Ed.: Pearson

ANEXO 1

TABLA 2. CONSTANTES DIELECTRICAS Y RIGIDEZ DIELECTRICA DE ALGUNOS MATERIALES.

Material	Constante Dieléctrica K_E	Rigidez Dieléctrica $E_{MÁX}$ (x 10^6 V/M)
Óxidos ferroso	14.2 (a 298 K)	6
Vidrio	3.8 – 9.5 (a 298 K)	9.8 – 13.8
Epoxy	4.7	13
Mica (K,H) $Al_3(SiO_4)_3$	5.4 (a 299K)	11.8
Teflón	2.1	60
Neopreno	6.6 (a 298)	12
Polietileno	2.3 (a 293)	18
Poli estireno	2.6 (a 298)	24
Porcelana	6.5	4
Cuarzo	4.3	
Cuarzo fundido	3.75 – 4.1	470 – 670
Cloruro de Sodio	5.9 (a 298 K)	150
Madera	2.5 . 8.0	14
Papel	3.7	12
Alcohol Etilicos	28.4	
Aceite de Transformador	2.24	110.7

ANEXO 2

En este apartado se proporcionan el costo de los elementos eléctricos que conformarán el circuito del sensor, estos precios se pueden consultar en la página de internet de newarkonline, con esto se da una idea del costo del mismo.

Elemento	No de Parte	Precio
Diodo Schottky	HSMS-2865-BLKG	Cantidad 1 \$ 1.14
Capacitor Ceramic Disc.(0.1pF)	5GAP10	Cantidad 1 \$ 2.97
Capacitor Ceramic Disc (0.2pF)	56R5GAP20	Cantidad 1 \$ 3.83
Capacitor Ceramic Disc (0.15pF)	56AP15	Cantidad 1 \$ 4.12
Cable Coaxial	05F1782	Cantidad 5 + \$ 153.26
Conector BNC (RF Coaxial Connector)	50F1452	Cantidad 1 \$ 10
Amplificador Op.	59F1452	Cantidad 1 \$ 4.63
Resistencia C/U		Cantidad 6 \$ 0.50
		Costo total = \$180.45

ANEXO 3
FICHA TECNICA

Agilent HSMS-286x Series
Surface Mount Microwave
Schottky Detector Diodes
Data Sheet

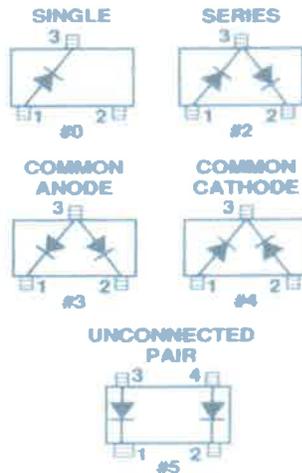


Features

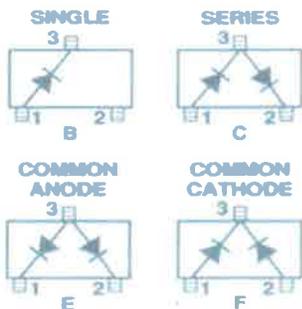
- **Surface Mount SOT-23/
SOT-143 Packages**
- **Miniature SOT-323 and
SOT-363 Packages**
- **High Detection Sensitivity:**
up to 50 mV/μW at 915 MHz
up to 35 mV/μW at 2.45 GHz
up to 25 mV/μW at 5.80 GHz
- **Low FIT (Failure in Time)
Rate***
- **Tape and Reel Options
Available**
- **Unique Configurations in
Surface Mount SOT-363
Package**
 - increase flexibility
 - save board space
 - reduce cost
- **HSMS-286K Grounded
Center Leads Provide up to
10 dB Higher Isolation**
- **Matched Diodes for
Consistent Performance**
- **Better Thermal
Conductivity for Higher
Power Dissipation**
- **Lead-free Option Available**

* For more information see the Surface Mount Schottky Reliability Data Sheet.

**SOT-23/SOT-143 Package
Lead Code Identification
(top view)**



**SOT-323 Package Lead
Code Identification
(top view)**



Description

Agilent's HSMS-286x family of DC biased detector diodes have been designed and optimized for use from 915 MHz to 5.8 GHz. They are ideal for RF/ID and RF Tag applications as well as large signal detection, modulation, RF to DC conversion or voltage doubling.

Available in various package configurations, this family of detector diodes provides low cost solutions to a wide variety of design problems. Agilent's manufacturing techniques assure that when two or more diodes are mounted into a single surface mount package, they are taken from adjacent sites on the wafer, assuring the highest possible degree of match.



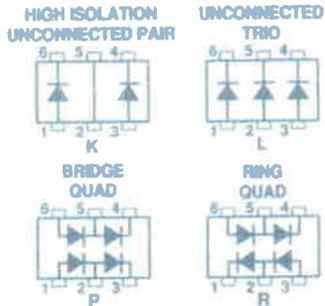
Attention:
Observe precautions for
handling electrostatic
sensitive devices.

ESD Machine Model (Class A)

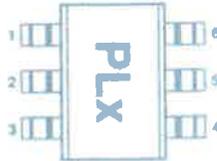
ESD Human Body Model (Class 0)

**Refer to Agilent Application Note A004R:
Electrostatic Discharge Damage and Control**

SOT-363 Package Lead Code Identification (top view)



Pin Connections and Package Marking



Notes:

1. Package marking provides orientation and identification.
2. The first two characters are the package marking code. The third character is the date code.

SOT-23/SOT-143 DC Electrical Specifications, $T_C = +25^\circ\text{C}$, Single Diode

Part Number HSMS-	Package Marking Code ⁽¹⁾	Lead Code	Configuration	Forward Voltage V_F (mV)		Typical Capacitance C_T (pF)
				250 Min.	350 Max.	
2860	T0	0	Single	250 Min.	350 Max.	0.30
2862	T2	2	Series Pair ^(2,3)			
2863	T3	3	Common Anode ^(2,3)			
2864	T4	4	Common Cathode ^(2,3)			
2865	T5	5	Unconnected Pair ^(2,3)			
Test Conditions				$I_F = 1.0 \text{ mA}$	$V_R = 0 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$	

Notes:

1. Package marking code is in white.
2. ΔV_F for diodes in pairs is 15.0 mV maximum at 1.0 mA.
3. ΔC_T for diodes in pairs is 0.05 pF maximum at -0.5 V.

SOT-323/SOT-363 DC Electrical Specifications, $T_C = +25^\circ\text{C}$, Single Diode

Part Number HSMS-	Package Marking Code ⁽¹⁾	Lead Code	Configuration	Forward Voltage V_F (mV)		Typical Capacitance C_T (pF)
				250 Min.	350 Max.	
286B	T0	B	Single	250 Min.	350 Max.	0.25
286C	T2	C	Series Pair ^(2,3)			
286E	T3	E	Common Anode ^(2,3)			
286F	T4	F	Common Cathode ^(2,3)			
286K	TK	K	High Isolation Unconnected Pair			
286L	TL	L	Unconnected Trio			
286P	TP	P	Bridge Quad			
286R	ZZ	R	Ring Quad			
Test Conditions				$I_F = 1.0 \text{ mA}$	$V_R = 0 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$	

Notes:

1. Package marking code is laser marked.
2. ΔV_F for diodes in trios and quads is 15.0 mV maximum at 1.0 mA.
3. ΔC_T for diodes in trios and quads is 0.05 pF maximum at -0.5 V.

RF Electrical Specifications, $T_C = +25^\circ\text{C}$, Single Diode

Part Number HSMS-	Typical Tangential Sensitivity TSS (dBm) @ $f =$			Typical Voltage Sensitivity γ (mV/ μW) @ $f =$			Typical Video Resistance RV (K Ω)
	915 MHz	2.45 GHz	5.8 GHz	915 MHz	2.45 GHz	5.8 GHz	
2860 2862 2863 2864 2865 286B 286C 286E 286F 286K 286L 286P 286R	-57	-56	-55	50	35	25	5.0
Test Conditions	Video Bandwidth = 2 MHz $I_b = 5 \mu\text{A}$			Power in = -40 dBm $R_L = 100 \text{K}\Omega$, $I_b = 5 \mu\text{A}$			$I_b = 5 \mu\text{A}$

Absolute Maximum Ratings, $T_C = +25^\circ\text{C}$, Single Diode

Symbol	Parameter	Unit	Absolute Maximum ⁽¹⁾	
			SOT-23/143	SOT-323/363
P_{IV}	Peak Inverse Voltage	V	4.0	4.0
T_j	Junction Temperature	$^\circ\text{C}$	150	150
T_{STG}	Storage Temperature	$^\circ\text{C}$	-65 to 150	-65 to 150
T_{OP}	Operating Temperature	$^\circ\text{C}$	-65 to 150	-65 to 150
θ_{JC}	Thermal Resistance ⁽²⁾	$^\circ\text{C}/\text{W}$	500	150

ESD WARNING:
*Handling Precautions
Should Be Taken To Avoid
Static Discharge.*

Notes:

1. Operation in excess of any one of these conditions may result in permanent damage to the device.
2. $T_C = +25^\circ\text{C}$, where T_C is defined to be the temperature at the package pins where contact is made to the circuit board.

Typical Parameters, Single Diode

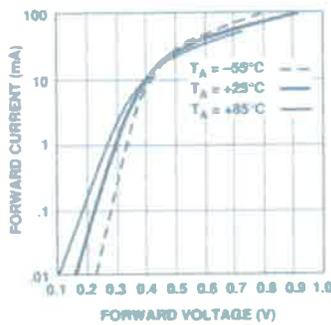


Figure 1. Forward Current vs. Forward Voltage at Temperature.

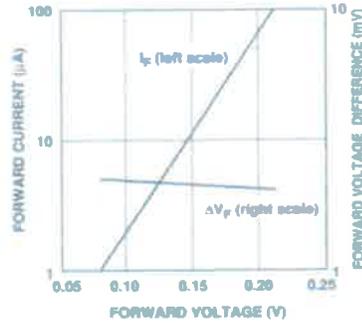


Figure 2. Forward Voltage Match.

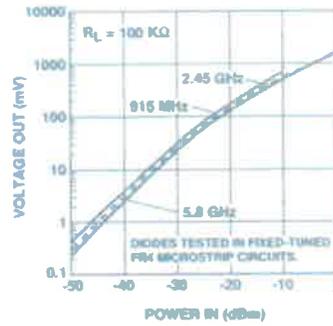


Figure 3. +25°C Output Voltage vs. Input Power, 3 μ A Bias.

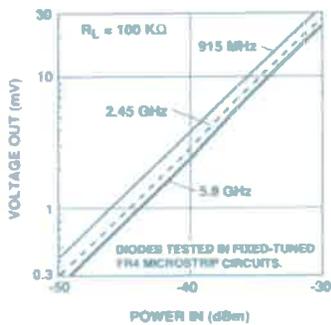


Figure 4. +25°C Expanded Output Voltage vs. Input Power. See Figure 3.

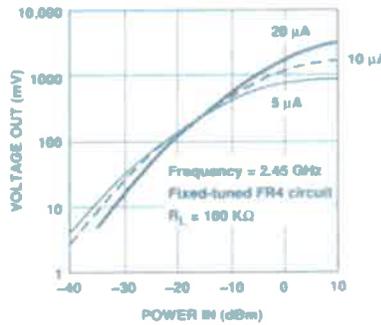


Figure 5. Dynamic Transfer Characteristic as a Function of DC Bias.

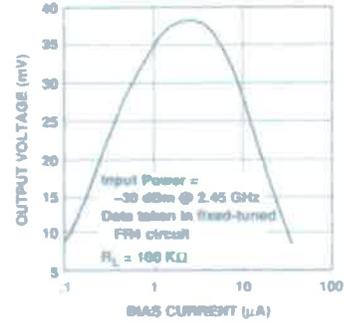


Figure 6. Voltage Sensitivity as a Function of DC Bias Current.

Detailed Specifications & Technical Data



1189A Coax - Broadband CATV Coax Cable



For more information please call
1-800-Belden I
[See Put-ups and Colors](#)

Description:

18 AWG solid .040" bare copper-covered steel conductor, gas-injected foam polyethylene insulation, Duobond® IV quad shield (60% and 40% coverage), PVC jacket.

PHYSICAL CHARACTERISTICS:

CONDUCTOR:

Number of Coax	1
Total Number of Conductors	1
Series Type	Series 6
AWG	18
Stranding	Solid
Conductor Diameter	.040 in.
Conductor Material	BCCS - Bare Copper Covered Steel

INSULATION:

Insulation Material	Gas-injected FPE - Foam Polyethylene
Insulation Diameter	.180 in.

OUTER SHIELD:

Outer Shield Material Trade Name	Duobond® IV
Outer Shield Type	Tape/Braid/Tape/Braid

Outer Shield Material:

Layer Number	Trade Name	Type	Material	% Coverage (%)
1	Bonded Duofoil®	Tape	Bonded Aluminum Foil-Polyester Tape-Aluminum Foil	100
2		Braid	AL - Aluminum	60
3	Duofoil®	Tape	Aluminum Foil-Polyester Tape-Aluminum Foil	100
4		Braid	AL - Aluminum	40

Outer Shield %Coverage 100 %

OUTER JACKET:

Outer Jacket Material	PVC - Polyvinyl Chloride
-----------------------	--------------------------

OVERALL NOMINAL DIAMETER:

Overall Nominal Diameter	.298 in.
--------------------------	----------

**Detailed Specifications &
Technical Data**



1189A Coax - Broadband CATV Coax Cable

MECHANICAL CHARACTERISTICS:

Operating Temperature Range	-40°C To +80°C
Bulk Cable Weight	32 lbs/1000 ft.
Max. Recommended Pulling Tension	162 lbs.
Min. Bend Radius (Install)	3 in.

APPLICABLE SPECIFICATIONS AND AGENCY COMPLIANCE:

APPLICABLE STANDARDS:

NEC(UL) Specification	CATV, CM
CEC/C(UL) Specification	CM
EU CE Mark (Y/N)	Yes
EU RoHS Compliant (Y/N)	Yes
EU RoHS Compliance Date (mm/dd/yyyy):	01/01/2004

FLAME TEST:

UL Flame Test	UL1685 UL Loading
---------------	-------------------

SWEEP TEST:

Sweep Testing	5 MHz - 1 GHz
---------------	---------------

PLENUM/NON-PLENUM:

Plenum (Y/N)	N
Plenum Number	1189AP

ELECTRICAL CHARACTERISTICS:

Nom. Characteristic Impedance	75 Ohms
Nom. Inductance	.097 µH/ft
Nom. Capacitance Conductor to Shield	16.2 pF/ft
Nominal Velocity of Propagation	83 %
Nominal Delay	1.2 ns/ft
Nom. Conductor DC Resistance @ 20 Deg. C	28.0 Ohms/1000 ft
Nominal Outer Shield DC Resistance @ 20 Deg.C	4.8 Ohms/1000 ft

Minimum Structural Return Loss :

Description	Frequency (MHz)	Start Frequency (MHz)	Stop Frequency (MHz)	Minimum Structural Return Loss (dB)
		5	1000	20

Max. Attenuation :

Detailed Specifications & Technical Data



1189A Coax - Broadband CATV Coax Cable

MECHANICAL CHARACTERISTICS:

Operating Temperature Range	-40°C To +80°C
Bulk Cable Weight	32 lbs/1000 ft.
Max. Recommended Pulling Tension	162 lbs.
Min. Bend Radius (Install)	3 in.

APPLICABLE SPECIFICATIONS AND AGENCY COMPLIANCE:

APPLICABLE STANDARDS:

NEC/(UL) Specification	CATV, CM
CEC/C(UL) Specification	CM
EU CE Mark (Y/N)	Yes
EU RoHS Compliant (Y/N)	Yes
EU RoHS Compliance Date (mm/dd/yyyy):	01/01/2004

FLAME TEST:

UL Flame Test	UL 1685 UL Loading
---------------	--------------------

SWEEP TEST:

Sweep Testing	5 MHz - 1 GHz
---------------	---------------

PLENUM/NON-PLENUM:

Plenum (Y/N)	N
Plenum Number	1189AP

ELECTRICAL CHARACTERISTICS:

Nom. Characteristic Impedance	75 Ohms
Nom. Inductance	097 µH/ft
Nom. Capacitance Conductor to Shield	16.2 pF/ft
Nominal Velocity of Propagation	83 %
Nominal Delay	1.2 ns/ft
Nom. Conductor DC Resistance @ 20 Deg. C	28.0 Ohms/1000 ft
Nominal Outer Shield DC Resistance @ 20 Deg.C	4.8 Ohms/1000 ft

Minimum Structural Return Loss:

Description	Frequency (MHz)	Start Frequency (MHz)	Stop Frequency (MHz)	Minimum Structural Return Loss (dB)
		5	1000	20

Max. Attenuation :

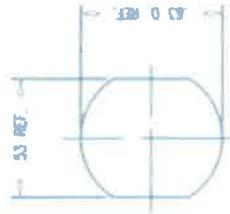
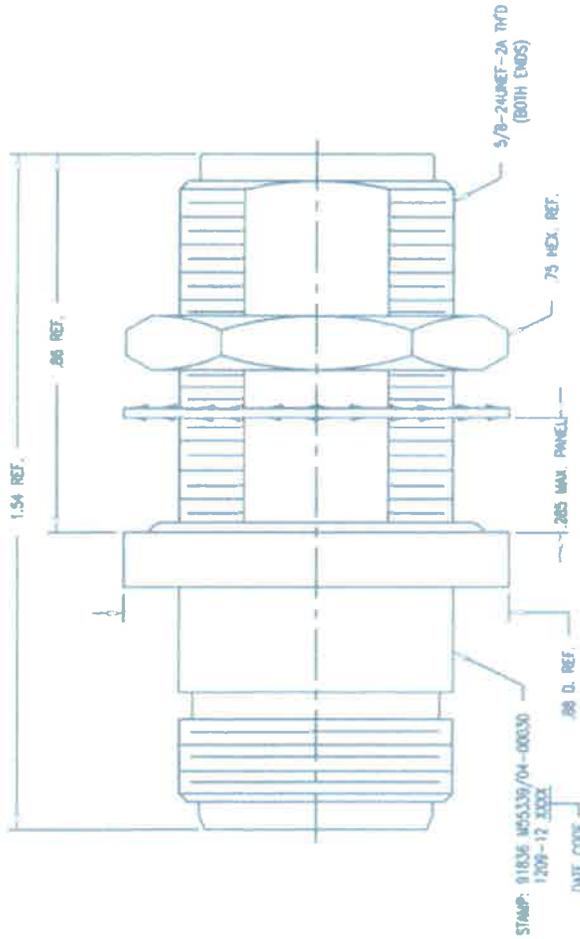
GSD

REVISIONS	
NO.	DESCRIPTION
8	CH 33402 E REDRAWN WJM 10/01/91
9	CH 35818 D REV 01/09/95

SCALE	4:1
APPROX SURFACE AREA	1209-12
USED ON	
REF:	ADAPTER, F-F, BULKHEAD, N (HERMETIC SEAL)
DRAWN WJM	DATE 10/01/91
DESIGN MJB	DATE 10/11/91
APPV.	
 NATIONAL BIP POLY 1979T	
M55339/04-00030	

M55339/04-00030

GSD



MOUNTING HOLE

- NOTES:
1. INTERFACES PER MIL-STD-348, FIG. 304-2.
 2. MATERIALS:
 CENTER CONTACT: BER. COPPER, ASTM-B-196
 O-RING: SYNTHETIC RUBBER, MIL-P-29732
 LOCKWASHER: PHOSPHOR BRONZE, QQ-B-750
 GLASS SEAL: CORING (E.L./10) GLASS BONDED TO C.A.S. BAND AND CENTER
 ALL OTHER METAL PARTS: BRASS, ASTM-B10
 3. FINISHES:
 CENTER CONTACT: HARD GOLD PLATE, PER MIL-G-45204
 ALL OTHER METAL PARTS: SILVER PLATE, PER QQ-S-365
 4. ELECTRICAL CHARACTERISTICS:
 NOMINAL IMPEDANCE: 50 OHMS
 WORKING VOLTAGE: 1000 VOLTS
 FREQUENCY RANGE: DC TO 11 GHz
 5. ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS:
 LEAKAGE RATE SHALL NOT EXCEED 10⁻⁶ cc/SEC. OF TRACER GAS AT ATMOSPHERIC PRESSURE.

DASH NO. M CODE MADE FROM

