



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISION DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN
TELECOMUNICACIONES**

**MANUAL DE PRÁCTICAS
DEL
LABORATORIO DE
LÍNEAS DE TRANSMISIÓN**

1998.

ING. MARIO A. IBARRA PEREYRA

ING. LETICIA C. ROJAS ANZALDO

MANUAL DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

ÍNDICE

<i>PRACTICA #1</i> CARACTERIZACIÓN DE UNA LÍNEA TELEFÓNICA.....	1
<i>PRACTICA # 2</i> SEÑALES DIGITALES A TRAVÉS DE UNA LÍNEA TELEFÓNICA.....	19
<i>PRACTICA # 3</i> SIMULACIÓN DE LA RESPUESTA A LA FRECUENCIA DE UNA LÍNEA TELEFÓNICA.....	37
<i>PRACTICA # 4</i> ONDA ESTACIONARIA EN UN CABLE COAXIAL RANURADO.....	58
<i>PRACTICA # 5</i> CARTA DE SMITH.....	78
<i>PRACTICA # 6</i> ACOPLAMIENTO CON UN STUB PARA CABLE COAXIAL RANURADO.....	95
<i>PRACTICA # 7</i>	105

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA.....

APÉNDICE A	TTL LOGIC DATA BOOK	A 1-15
APÉNDICE B	DESCRIPCIÓN DE LA CARTA DE SMITH	B 1-8
APÉNDICE C	ANALIZADOR DE REDES	C 1-

PRACTICA #1 CARACTERIZACIÓN DE UNA LÍNEA TELEFÓNICA

CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

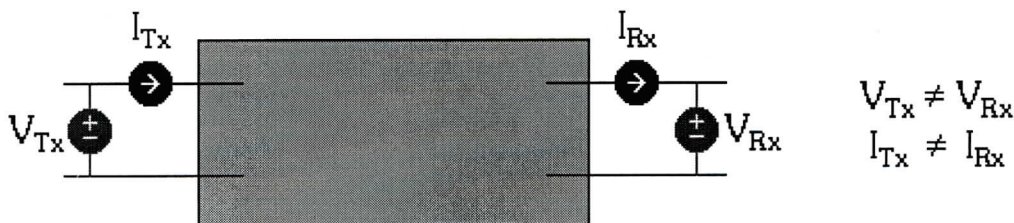
LÍNEA DE TRANSMISIÓN
GANANCIA
ATENUACIÓN
RUIDO
INTERFERENCIA
OCTAVA
½ OCTAVA
DECIBEL

Investigar :

LOS DIFERENTES TIPOS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

INTRODUCCIÓN

¿Cuándo se dice que un par de alambres son una línea de transmisión?



Dependiendo de la diferencia entre los dos voltajes y las dos corrientes se considerará la existencia de una línea de transmisión.

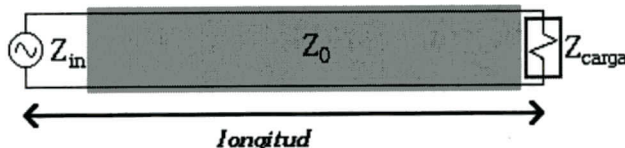
Si la diferencia es despreciable No hay una línea de transmisión; consideramos que los conductores son ideales.

Si la diferencia de los voltajes es mayor de un 10% podremos considerar que Sí existe una línea de transmisión. Este criterio puede expresarse de la siguiente forma :

Si nuestros voltímetros y amperímetros nos dan lecturas diferentes en dos puntos del cable, entonces entre esos puntos hay una línea de transmisión. Es decir, la existencia de una línea dependerá de la precisión de los instrumentos de medición y de lo que se considere como "diferente" en sus lecturas.

¿ Por qué $V_{Tx} \neq V_{Rx}$ y $I_{Tx} \neq I_{Rx}$?

Porque existen elementos resistivos, inductivos y capacitivos que se presentan en cada diferencial de longitud del conductor.



Línea Infinita

Línea cuya $Z_{in} = Z_{carga} = Z_0$ independientemente de la longitud de dicha línea.

Si la línea es de una longitud infinita $Z_{in} = Z_0$ independientemente de la Z_{carga} .

Impedancia característica Z_0

Se puede definir desde alguno de los siguientes puntos de vista :

- 1) La impedancia vista desde el extremo emisor de una línea infinitamente larga.
- 2) Es la impedancia de carga cuyo valor se puede medir a la entrada de la línea.
 Si $Z_{carga} \equiv Z_{in}$ entonces la carga es Z_0
 Si $Z_{carga} \equiv Z_{in}$ entonces la línea es "infinita" (por definición)

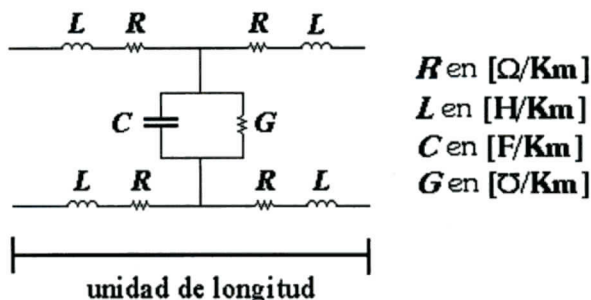
Si $Z_{in} \equiv Z_0$, aunque $Z_{carga} =$ cualquier valor
 entonces la línea es muy larga, su longitud tiende a ∞ y se dice que es línea infinita.

- 3) La impedancia vista hacia la carga desde cualquier punto de una línea adaptada, el desplazamiento a lo largo de dicha línea no produce ningún cambio en el valor de la impedancia vista hacia la carga.

Su valor a cualquier frecuencia está determinada por los parámetros R , L , G y C de la línea :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{(R + j\omega L)}{(G + j\omega C)}}$$

Modelo eléctrico de una línea de transmisión por unidad de longitud (Caso General)



Los parámetros que describen la línea son:

RESISTENCIA (R) se presenta porque los conductores ofrecen cierta resistencia al paso de la corriente eléctrica, por lo tanto depende del calibre y material de los conductores, de la temperatura y de la frecuencia.

INDUCTANCIA (L) se presenta por la geometría de la sección transversal de los conductores, por lo que depende de la corriente alterna y de la separación entre hilos.

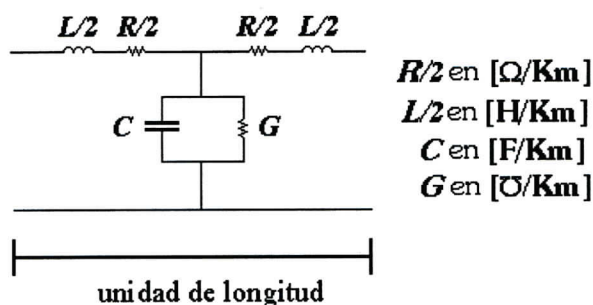
CAPACITANCIA (C) se presenta porque los conductores al estar separados por un dieléctrico forman un capacitor, por lo tanto depende del material dieléctrico, del calibre y de la separación entre hilos conductores.

CONDUCTANCIA (G) se presenta porque la separación entre los conductores es mantenida con un dieléctrico, el cual al no ser un aislante perfecto permite el paso de una pequeña corriente de fuga, por lo que depende de las imperfecciones en el material dieléctrico.

Una línea de n unidades de longitud se forma con n secciones unitarias en cascada.

Este modelo es preciso, los cálculos son exactos, pero el análisis puede resultar muy tardado o tedioso dependiendo del número de secciones en la que se divida la línea de transmisión. Por lo que existe otro modelo simplificado en el cual los cálculos son más burdos, pero se obtiene rápidamente un resultado muy aproximado, dicho modelo se muestra a continuación:

Modelo eléctrico simplificado de una línea de transmisión por unidad de longitud (Caso General)

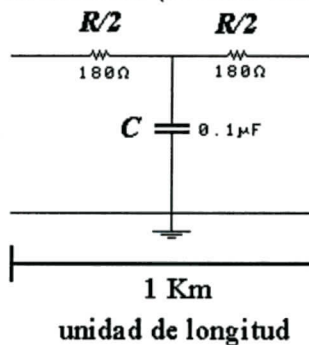


Los parámetros R , L , C y G están referidos a una unidad de longitud de la línea (generalmente por Kilómetro). En consecuencia, estos valores por unidad de longitud deben multiplicarse por la longitud que tenga dicha línea de transmisión para encontrar así la resistencia, inductancia, conductancia y capacitancia total de la línea. De esta forma el modelo de n unidades de longitud es una sola sección "T" con los valores unitarios multiplicados por n .

Los elementos de éste modelo se simplifican o reducen dependiendo de la frecuencia a la que se utilice la línea, así como de la construcción física de los conductores, es decir, del tipo de cable (telefónico, coaxial, de microcinta, etc.)

Simplificaremos el modelo general para analizar el caso particular de un cable telefónico al considerar que $L=0$ y $G=0$; es decir, $L=0$ porque los efectos magnéticos se contrarrestan al analizar el canal de transmisión como un par trenzado y $G=0$ porque el dieléctrico es casi perfecto, entonces ambos conductores están completamente aislados para evitar fugas de corriente, entonces el modelo se reduce a:

Modelo eléctrico de un cable telefónico (o línea telefónica) por unidad de longitud



OBJETIVOS

- Observar las características de una línea telefónica (par de alambres de cobre) con la ayuda de su modelo eléctrico.
- Entender los cambios que sufren de las señales de voz al viajar por la línea telefónica.
- Conocer el funcionamiento del equipo con que se dispone en el laboratorio a fin de obtener las lecturas necesarias.

EXPERIMENTOS

- 1.- Obtener la respuesta a la frecuencia de la línea telefónica
- 2.- Obtener las pérdidas en función de la longitud de la línea telefónica.
- 3.- Medir la impedancia de entrada para una línea telefónica corta (1 Km).
- 4.- Medir la impedancia de entrada para una línea telefónica larga (10 Km).

EQUIPO

- 1 Osciloscopio de doble trazo HITACHI MODELO: V-1060 100 MHz.
- 1 Generador de funciones HEWLETT PACKARD MODELO: 3310A.
- 1 Convertidor de Corriente a Voltaje (Relación 1:1) HEWLETT PACKARD MODELO: 456A

MATERIAL

- 1 protoboard.
- Adaptadores BNC - banana.
- Cables con conectores banana - banana, banana - caimán y caimán - caimán.

Modelo eléctrico de una línea telefónica

- 2 Resistencias de $180\ \Omega$ (para cada Km. de línea telefónica)
- 1 Capacitor de $0.1\ \mu\text{F}$ (para cada Km. de línea telefónica)
- 1 Resistencia de $560\ \Omega$ (para la carga)
- 1 Capacitor de $0.33\ \mu\text{F}$ (para la carga)

DESARROLLO

EXPERIMENTO 1

Obtener la respuesta a la frecuencia de la línea infinita de 3 Km de longitud

Amar en protoboard el siguiente circuito:

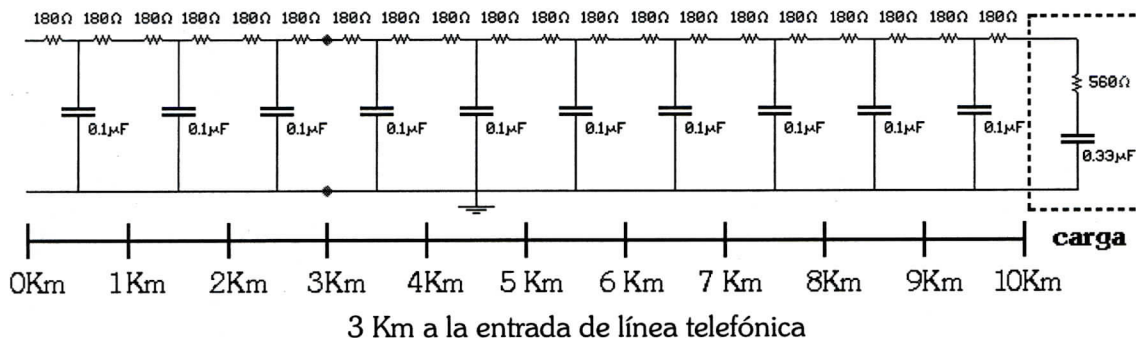
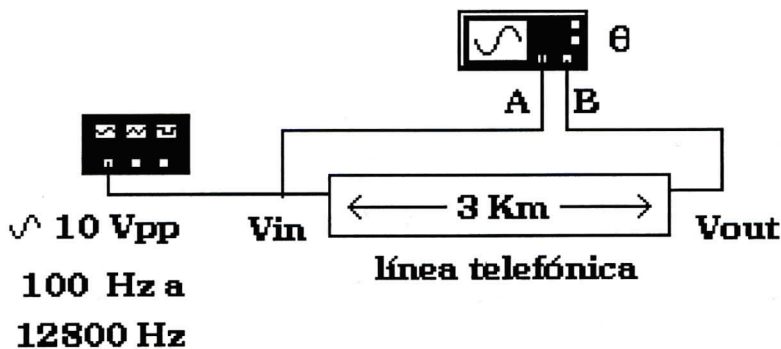


DIAGRAMA DE CONEXIONES



PROCEDIMIENTO

Obtener del generador de funciones una onda senoidal:

- amplitud de 10 Vpp.
- frecuencia de 100 Hz.

Vin es el voltaje a la entrada de la línea.

Vout es el voltaje que existe a 3 Km de la entrada de la línea.

Variar la frecuencia de la señal en el generador cada 1/2 octava hasta llegar a 12 800 Hz , es decir, 7 octavas.

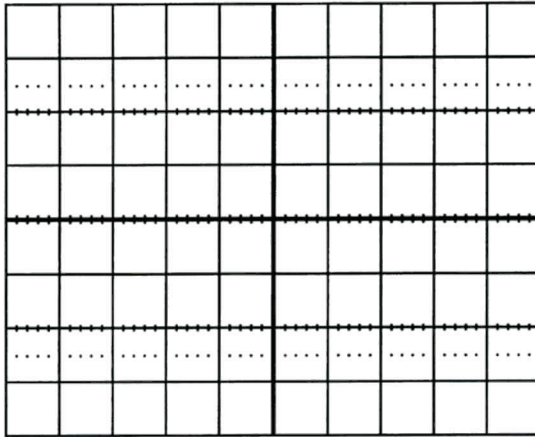
$$f_{\text{octava}} = 2 * f$$

$$f_{1/2 \text{ octava}} = \sqrt{2} * f$$

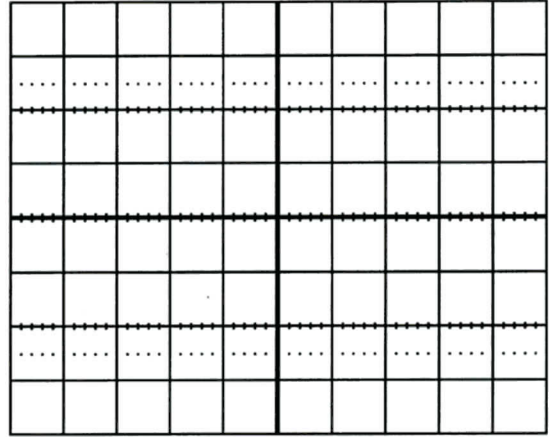
Medir en el osciloscopio las amplitudes de las señales : Vin en el canal A y Vout en el canal B, así como el defasamiento (o retardo) entre las señales.

Dibujar y acotar los oscilogramas para frecuencias de 100 Hz y 12 800 Hz.

Utilizar las escalas más adecuadas en el osciloscopio, para que las señales se observen con buen tamaño.



f = 100 Hz



f = 12 800 Hz

Anotar los datos en la tabla y calcular:

$$G = V_{out} / V_{in}$$

$$G_{dB} = 20 \log V_{out} / V_{in}$$

$$\theta = 360 * f * t_{retardo} = 360 * t_{retardo} / T$$

$$\text{ó } t_{retardo} = \frac{\theta}{360 * f} = \frac{\theta * T}{360}$$

longitud = 3 [Km] (longitud constante)

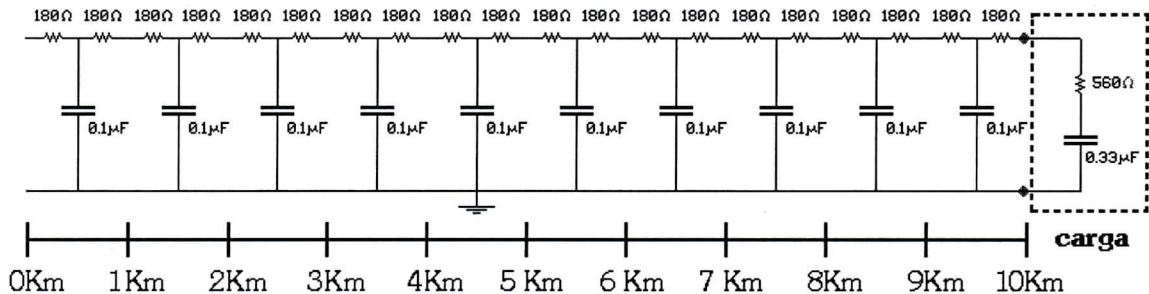
frecuencia [Hz]	Vin [Vpp]	Vout [Vpp]	Ganancia		defasamiento [°]	retardo [μs]
			[adim]	[dB]		
100						
141						
200						
283						
400						
566						
800						
1000						
1131						
1600						
2263						
3200						
4525						
6400						
9051						
12800						

DESARROLLO

EXPERIMENTO 2

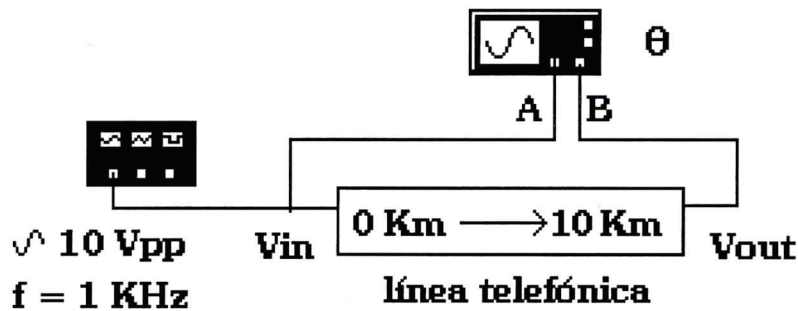
Obtener las pérdidas en función de la longitud de la línea telefónica

Armar en protoboard el siguiente circuito



10 Km de línea telefónica

DIAGRAMA DE CONEXIONES



PROCEDIMIENTO

Obtener del generador de funciones una onda senoidal:

- amplitud de 10 Vpp.
- frecuencia de 1 KHz.

Vin es el voltaje a la entrada de la línea.

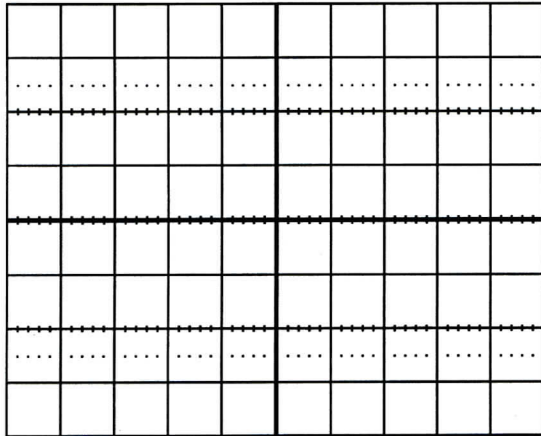
Vout es el voltaje en cada Km.

Variar la longitud de la línea telefónica cada Km, desde 0 hasta 10 Km.

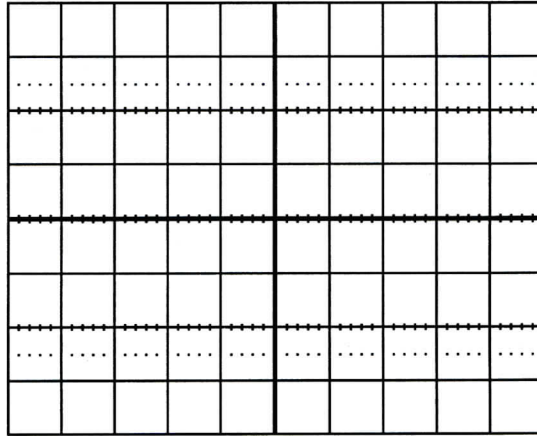
Medir en el osciloscopio las amplitudes de la señales : Vin en el canal A y Vout en el canal B, así como el defasamiento (o retardo) entre las señales, para cada Km.

Dibujar y acotar los oscilogramas para longitudes de 1 Km y 10 Km.

Utilizar las escalas más adecuadas en el osciloscopio, para que las señales se observen con buen tamaño.



longitud = 1 Km



longitud = 10 Km

Anotar los datos en la tabla y calcular:

$$\alpha = V_{in} / V_{out}$$

$$\alpha_{dB} = 20 \log V_{in} / V_{out}$$

$$\theta = 360 * f * t_{retardo} = 360 * t_{retardo} / T$$

$$\text{ó } t_{retardo} = \frac{\theta}{360 * f} = \frac{\theta * T}{360}$$

frecuencia = 1 [KHz] (frecuencia constante)					
longitud [Km]	Vin [Vpp]	Vout [Vpp]	Atenuación [dB]	defasamiento [°]	retardo [μs]
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

- Graficar con los datos obtenidos
- Atenuación vs. longitud
- Defasamiento vs. longitud
- Retardo vs. longitud

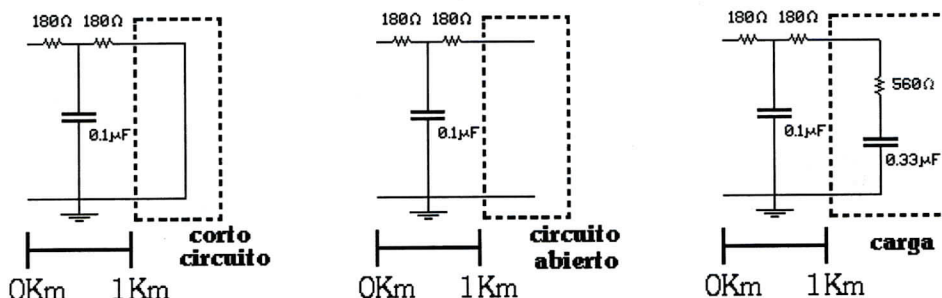
Calcular la velocidad de propagación (v_p) para la señal que viaja por la línea.

DESARROLLO

EXPERIMENTO 3

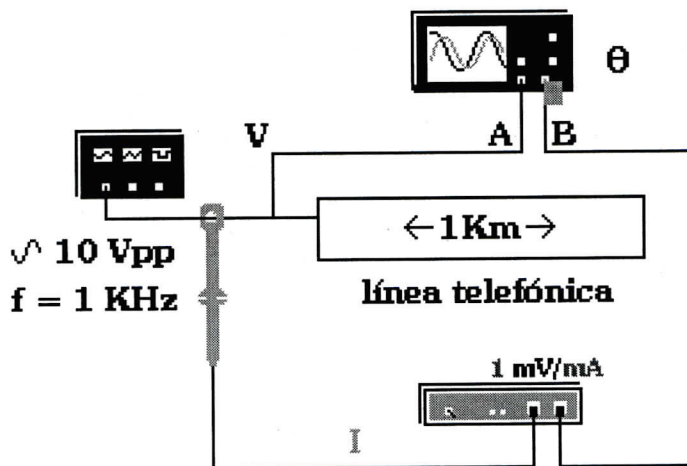
Medir la impedancia de entrada de una línea telefónica corta.

Armado en protoboard el siguiente circuito



1 Km de línea telefónica terminada con diferentes cargas.

DIAGRAMA DE CONEXIONES



PROCEDIMIENTO

Obtener del generador de funciones una onda senoidal:

- amplitud de 10 Vpp.
- frecuencia de 1 KHz.

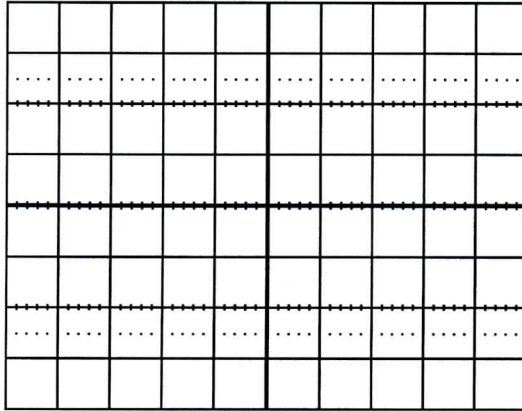
V es el voltaje a la entrada de la línea.

I es la corriente a la entrada de la línea.

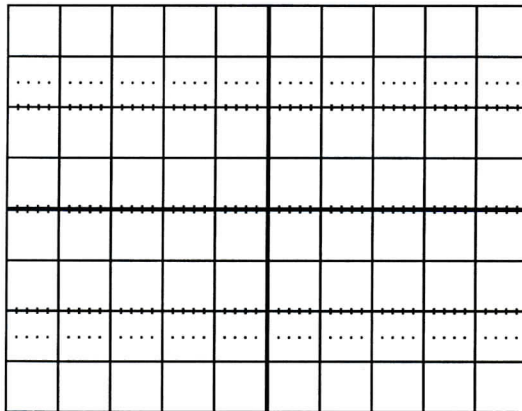
Medir en el osciloscopio las amplitudes de las señales : V en el canal A e I en el canal B, así como el defasamiento entre las señales. Considerar la señal de voltaje como referencia.

Dibujar y acotar el oscilograma para cada tipo de carga :Corto circuito, circuito abierto e impedancia característica.

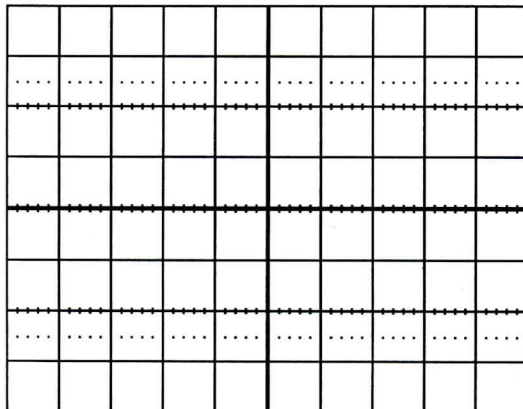
Utilizar las escalas más adecuadas en el osciloscopio, para que las señales se observen con buen tamaño.



corto circuito



circuito abierto



impedancia característica

Anotar los datos en la tabla.

Calcular la impedancia de entrada :

$$Z_{\theta} = \frac{V_{\theta}}{I_{\theta}}$$

recordar que la impedancia es una magnitud compleja $Z_{\theta} = R + jX$

FACULTAD DE INGENIERÍA - U.N.A.M.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES
LABORATORIO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

frecuencia = 1 [KHz] y longitud = 1 [Km]				LINEA CORTA	
CARGA	V [Vpp]	I [mApp]	defasamiento (con signo) [°]	Impedancia de Entrada Polar Z θ	Rectangular R + j X
corto circuito				$Z_{CC} =$	$Z_{CC} =$
circuito abierto				$Z_{CA} =$	$Z_{CA} =$
impedancia característica				$Z_0 =$	$Z_0 =$

Calcular $\sqrt{Z_{CC} \cdot Z_{CA}}$ y comparar con Z_0 .

Ver **OBSERVACIÓN IMPORTANTE** al final de la práctica.

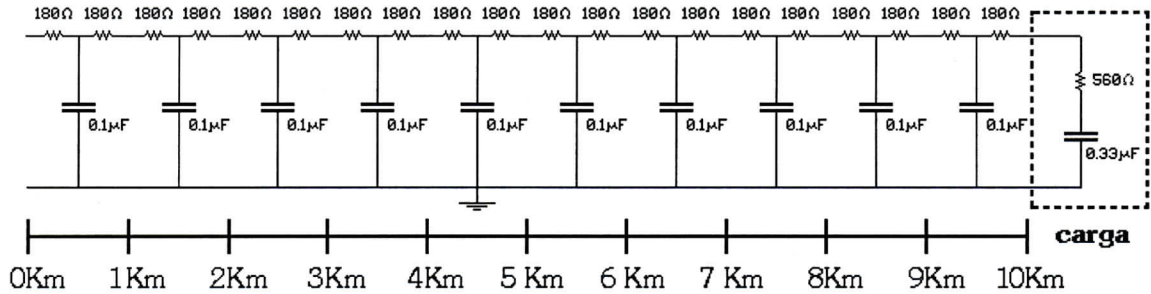
CONCLUSIONES

DESARROLLO

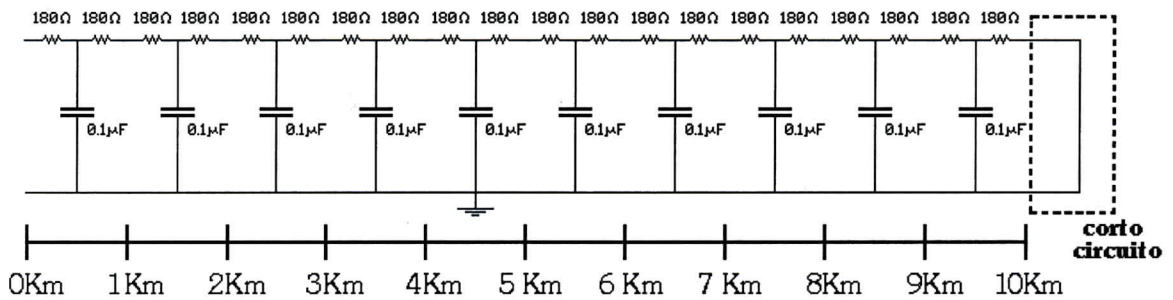
EXPERIMENTO 4

Medir la impedancia de entrada para una línea telefónica larga

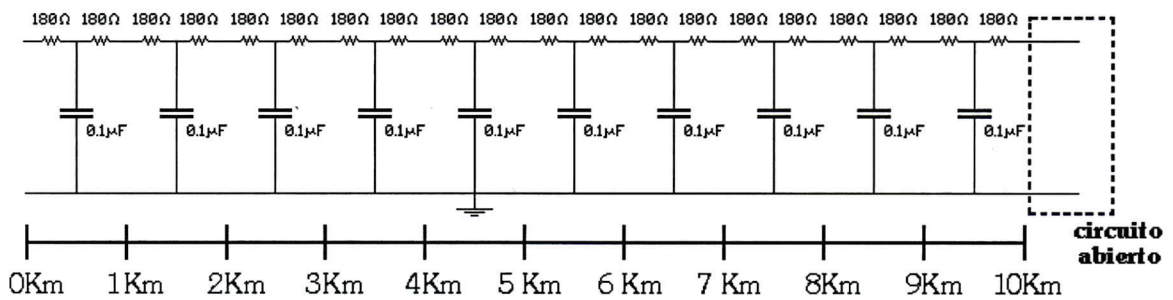
Armar en protoboard el siguiente circuito



10 Km de línea telefónica terminada en una carga igual a su impedancia característica

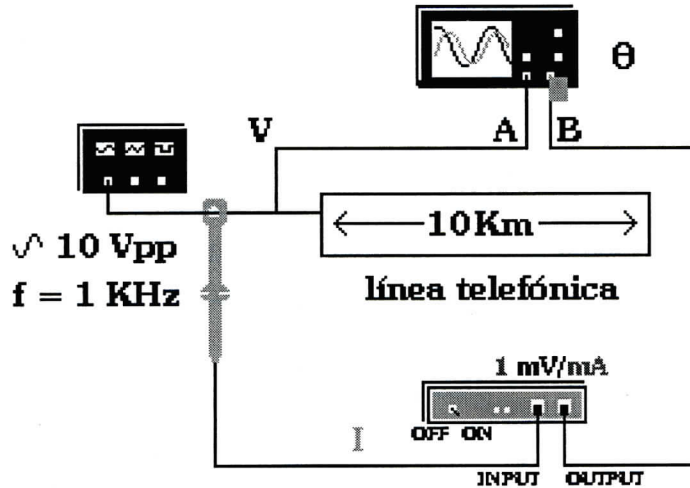


10 Km de línea telefónica terminada en corto circuito



10 Km de línea telefónica terminada en circuito abierto

DIAGRAMA DE CONEXIONES



PROCEDIMIENTO

Obtener del generador de funciones una onda senoidal:

- amplitud de 10 Vpp.
- frecuencia de 1 KHz.

V es el voltaje a la entrada de la línea.

I es la corriente a la entrada de la línea.

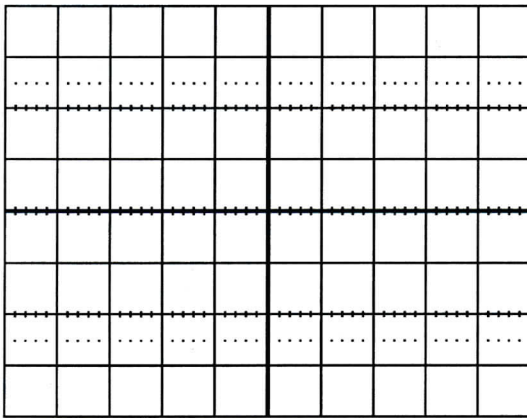
Medir en el osciloscopio las amplitudes de las señales : V en el canal A e I en el canal B, así como el defasamiento entre las señales. Considerar la señal de voltaje como referencia.

Dibujar y acotar el oscilograma para cada tipo de carga :Corto circuito, circuito abierto e impedancia característica.

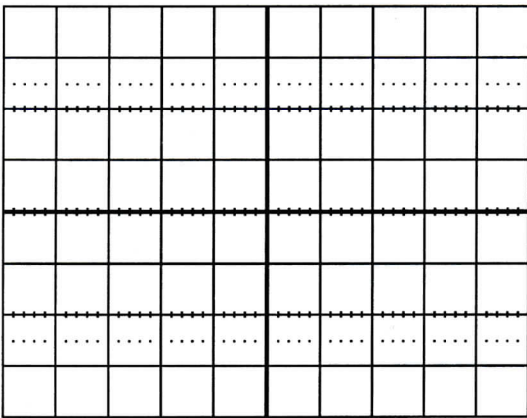
Utilizar las escalas más adecuadas en el osciloscopio, para que las señales se observen con buen tamaño.

Anotar los datos en la tabla.

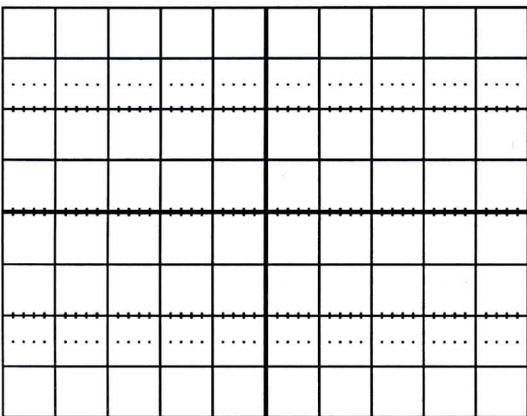
frecuencia = 1 [KHz] y longitud = 10 [Km]				LINEA LARGA	
CARGA	V [Vpp]	I [mApp]	defasamiento (con signo) [°]	Impedancia de Entrada Polar $Z \angle \theta$	Rectangular $R + j X$
corto circuito				$Z_{CC} =$	$Z_{CC} =$
circuito abierto				$Z_{CA} =$	$Z_{CA} =$
impedancia característica				$Z_0 =$	$Z_0 =$



corto circuito



circuito abierto



impedancia característica

Calcular la impedancia de entrada : $Z_{\perp\theta} = \frac{V_{\perp\theta}}{I_{\perp\theta}}$

recordar que la impedancia es una magnitud compleja $Z_{\perp\theta} = R + jX$

Comparar los tres valores Z_{CC} , Z_{CA} y Z_0 .

NOTAS

PRÁCTICA # 2 SEÑALES DIGITALES A TRAVÉS DE UNA LÍNEA TELEFÓNICA

CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

DISTORSIÓN LINEAL
ECUALIZADOR
REGENERADOR
REPETIDOR

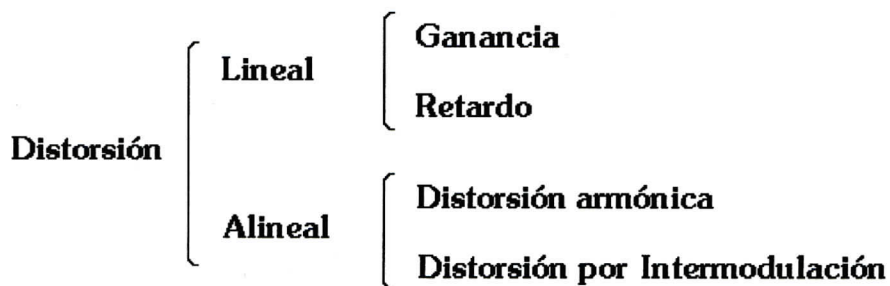
Investigar

¿Qué es el diagrama de ojo?

¿Cuál es la utilidad del diagrama de ojo?

INTRODUCCIÓN

La distorsión se puede clasificar de la siguiente manera:

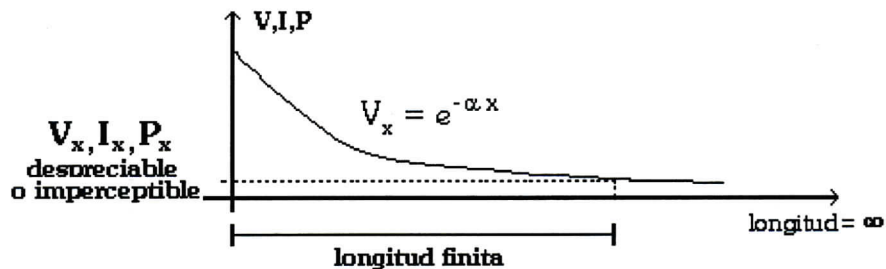


DISTORSIÓN LINEAL



Respuesta a la frecuencia de una línea de transmisión

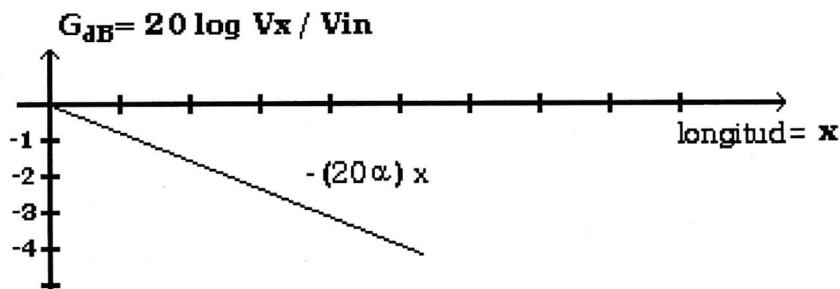
La ganancia (V_{out} / V_{in}) a través de una línea de transmisión disminuye conforme aumenta la longitud de la línea; podemos entonces observar que la respuesta a la frecuencia es igual a la de un filtro paso bajas.



Voltaje, Corriente o Potencia en función de la longitud de la línea de transmisión

Cuando se aplica una senoide a la entrada de una línea de cualquier longitud cargada con su impedancia característica, su voltaje va a disminuir exponencialmente en función de la distancia recorrida por la onda, de modo que el voltaje será cero si se mide al extremo final de una línea de longitud infinita.

Si la línea es sumamente larga, puede ocurrir que el instrumento de medición ya no mida el voltaje de la señal sino el voltaje del ruido, el cual siempre está presente.



Ganancia de la línea en función de la distancia (o longitud)

Como se puede observar, la curva es exponencial decreciente, al utilizar los logaritmos se vuelve una recta. Por lo tanto podemos decir que la ganancia (en dB) es directamente proporcional a la longitud de la línea de transmisión.

El signo negativo en la ganancia implica que en realidad existen pérdidas , es decir, existe atenuación

OBJETIVOS

- Observar los cambios que sufren de las señales digitales al viajar por la línea telefónica.
- Entender la función que realizan los ecualizadores en el proceso de regeneración.
- Generar una señal digital pseudoaleatoria con ayuda de circuitos lógicos.
- Entender la utilidad del diagrama de ojo.

EXPERIMENTOS

- 1.- Transmitir pulsos a través de la línea telefónica.
- 2.- Ecualizar la línea telefónica.
- 3.- Obtener la respuesta a la frecuencia del Ecualizador.
- 4.- Generar datos (palabra pseudoaleatoria de 15 bits).
- 5.- Obtener el comportamiento de la línea telefónica al transmitir datos.
- 6.- Observar el diagrama de ojo.

EQUIPO

- 1 Osciloscopio de doble trazo HITACHI MODELO:V-1060 100MHz
- 1 Generador de funciones HEWLETT PACKARD MODELO: 3310A
- 1 Fuente de directa de 5 V
- 1 Multímetro digital

MATERIAL

- 1 Protoboard
- Adaptadores BNC - banana
- Cables con conectores banana - banana, banana - caimán, caimán - caimán

Modelo eléctrico de una línea telefónica con longitud de 3 Km.:

- 2 Resistencias de 180 Ω (para cada Km de línea telefónica)
- 1 Capacitor de 0.1 μF (para cada Km de línea telefónica)
- 1 Resistencia de 560 Ω (para la carga)
- 1 Capacitor de 0.33 μF (para la carga)

Ecualizador

- 3 potenciómetros 10 K Ω
- 3 capacitores 0.1 μF

Palabra pseudoaleatoria

Timer 555

(Calcular previamente valores de resistencias y capacitores para que el temporizador trabaje a 4000 Hz)

- 74164 Registro de Corrimiento
- 74136 EX-OR (4 compuertas de 2 entradas)
- 74128 NOR (4 compuertas de 2 entradas)
- 74140 NAND (2 compuertas de 4 entradas)
- 1 switch/interruptor

NOTA: se necesita únicamente alguno de los siguientes :74128 ó 74140.

Ver APÉNDICE A

DESARROLLO

EXPERIMENTO 1

Transmitir pulsos a través de la línea telefónica

Armar en protoboard el siguiente circuito:

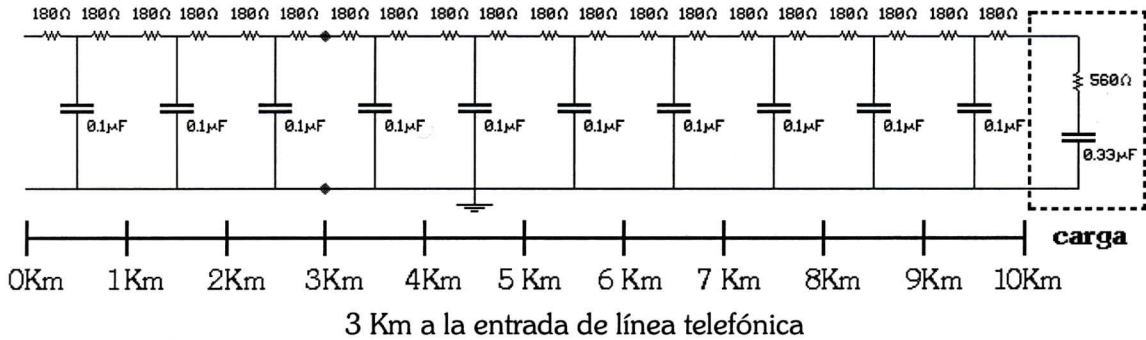
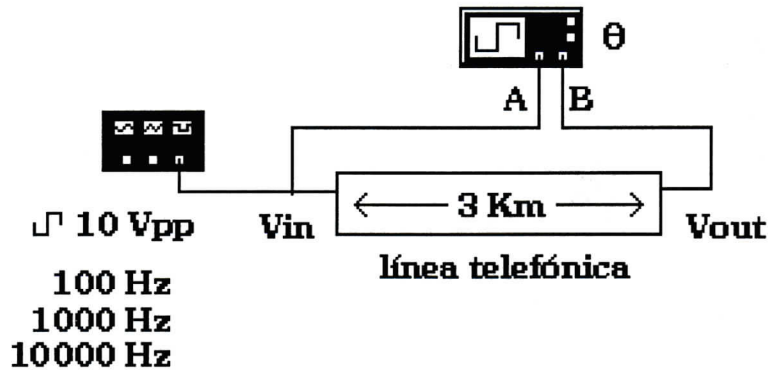


DIAGRAMA DE CONEXIONES



PROCEDIMIENTO

Obtener del generador de funciones una señal cuadrada:

- amplitud de 10 Vpp.
- frecuencia de 100 Hz.

Vin es el voltaje a la entrada de la línea.

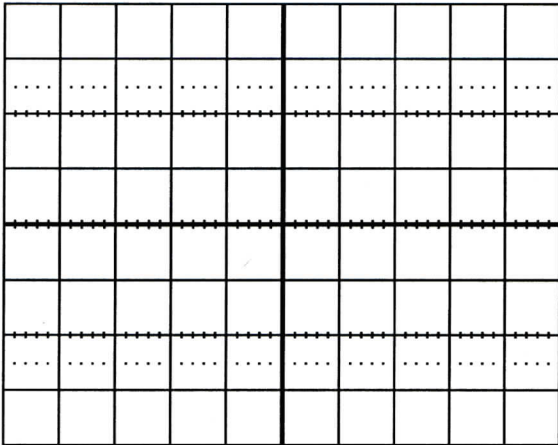
Vout es el voltaje que existe a 3 Km de la entrada de la línea.

Medir en el osciloscopio las amplitudes de las señales : Vin en el canal A y Vout en el canal B, Variar la frecuencia de la señal en el generador a 1 KHz , después a 10 KHz.

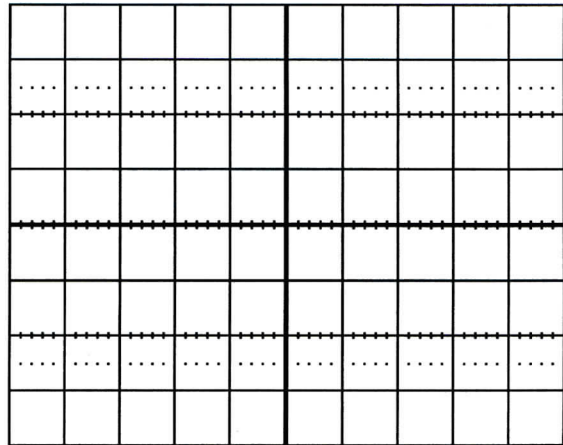
Dibujar y acotar los oscilogramas para cada frecuencia.

IMPORTANTE :

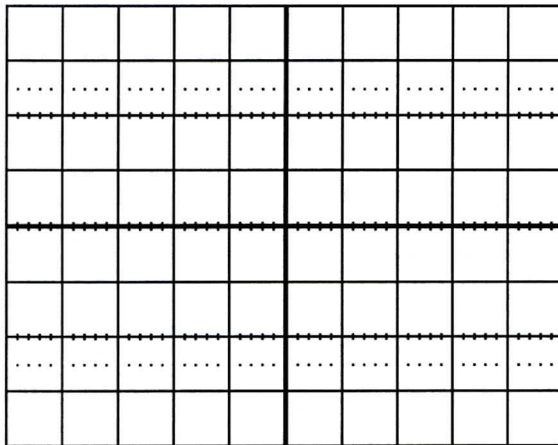
Considerar la señal cuadrada como una serie de bits '1's y '0's, es decir, en cada periodo se envían 2 bits (cada bit tiene una duración igual a la mitad del periodo), por lo tanto, la velocidad de transmisión en "bits/seg." es equivalente al doble de la frecuencia de la señal.



f=100 Hz v.t.=200 bps



f=1000 Hz v.t.=2 Kbps



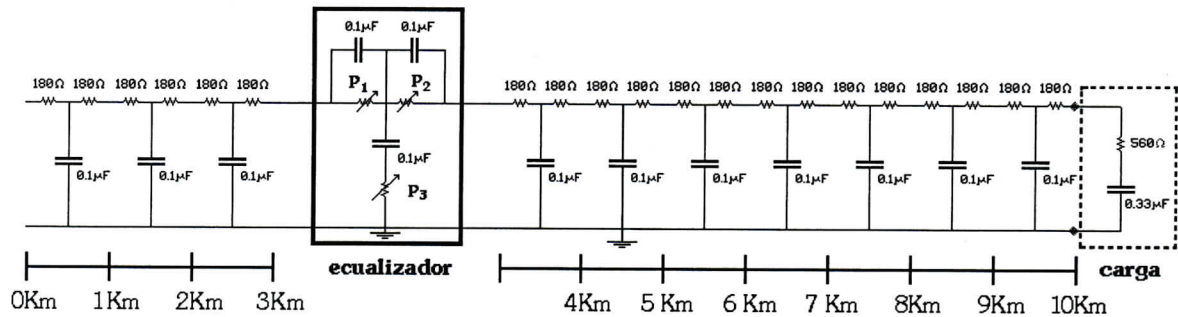
f=10 000 Hz v.t.=20 Kbps

CONCLUSIONES

DESARROLLO

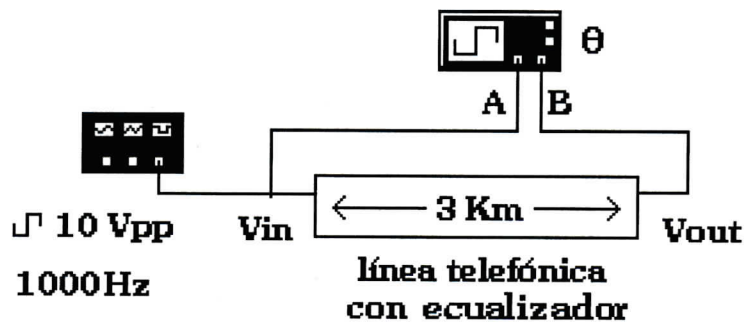
EXPERIMENTO 2
Ecularizar la línea telefónica

Armar en protoboard el siguiente circuito:



10 Km de línea telefónica y ecualizador

DIAGRAMA DE CONEXIONES



PROCEDIMIENTO

Obtener del generador de funciones una señal cuadrada:

- amplitud de 10 Vpp.
- frecuencia de 1 KHz.

Vin es el voltaje a la entrada de la línea.

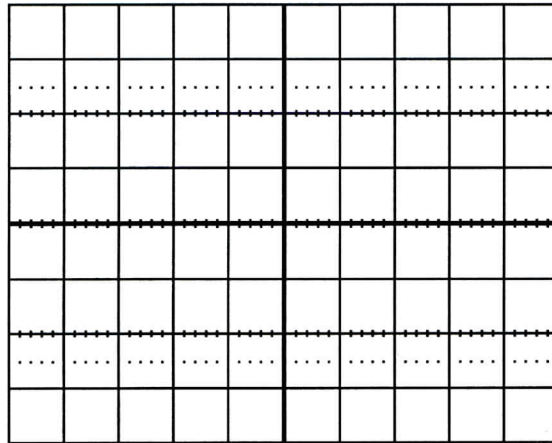
Vout es el voltaje que existe a la salida del ecualizador.

Note que los 3 Km de línea y el ecualizador están conectados en cascada.

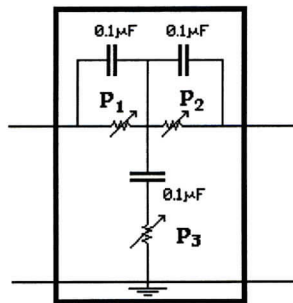
Medir en el osciloscopio las siguientes señales : Vin en el canal A y Vout en el canal B.

Ajustar los potenciómetros, uno a la vez, hasta que la señal de salida Vout sea lo más similar a la señal de entrada Vin, es decir, ecualizar los primeros 3 Km de la línea telefónica.

Dibujar y acotar el oscilograma.



v.t. = 2 Kbps línea ecualizada



ecualizador

Medir con el multímetro el valor de cada potenciómetro (desconectándolo de la protoboard)

$P_1 =$

$P_2 =$

$P_3 =$

NOTA: No mover las perillas de los potenciómetros después de haberlos ajustado.

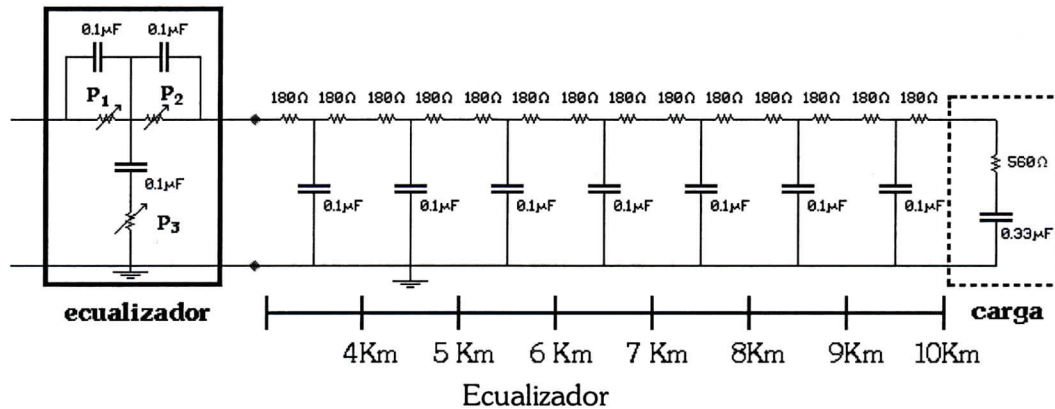
CONCLUSIONES

DESARROLLO

EXPERIMENTO 3

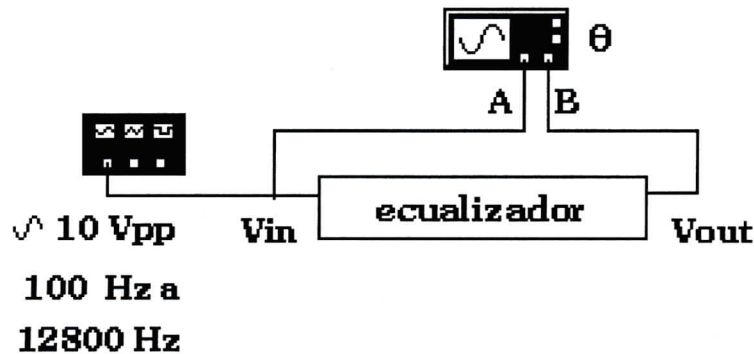
Obtener la respuesta a la frecuencia del Ecuador

Armaz en protoboard el siguiente circuito:



NOTA: Los valores de resistencia en cada potenciometro son los del experimento anterior.

DIAGRAMA DE CONEXIONES



PROCEDIMIENTO

Obtener del generador de funciones una onda senoidal:

- amplitud de 10 Vpp.
- frecuencia de 100 Hz.

Vin es el voltaje a la entrada del ecualizador.

Vout es el voltaje que existe a la salida del ecualizador.

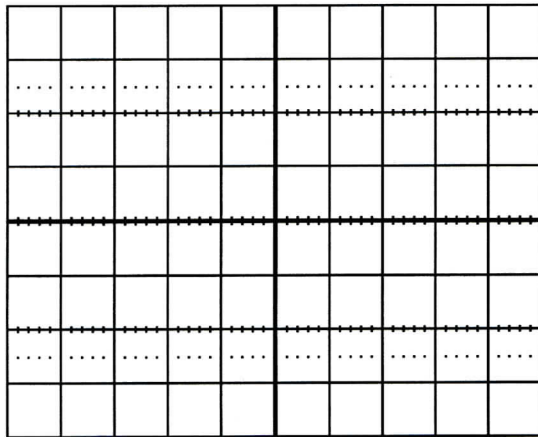
Variar la frecuencia de la señal en el generador cada 1/2 octava hasta llegar a 12 800 Hz , es decir, 7 octavas.

$$f_{\text{octava}} = 2 * f$$

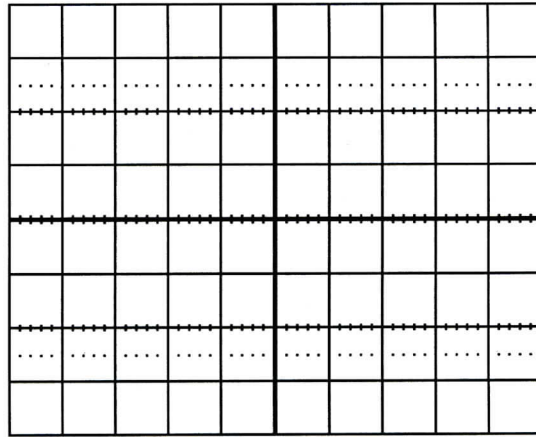
$$f_{1/2 \text{ octava}} = \sqrt{2} * f$$

Medir en el osciloscopio las amplitudes de la señales : Vin en el canal A y Vout en el canal B, así como el defasamiento (o retardo) entre las señales.

Dibujar y acotar los oscilogramas para f=100 Hz y para f =12 800 Hz.



f = 100 Hz



f = 12 800 Hz

Anotar los datos en la tabla y calcular:

$$G = V_{out} / V_{in}$$

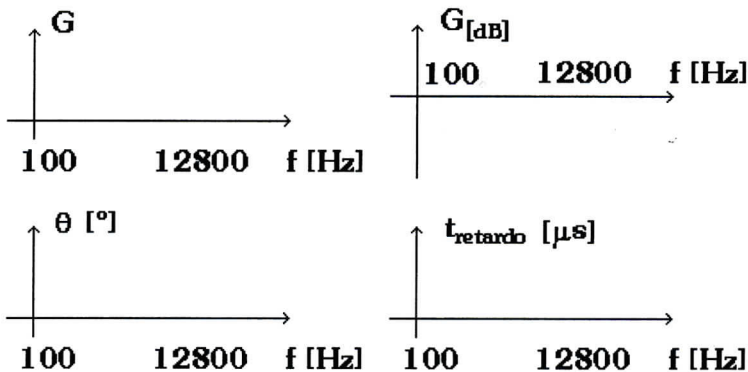
$$G_{dB} = 20 \log V_{out} / V_{in}$$

$$\theta = 360 * f * t_{retardo} = 360 * t_{retardo} / T$$

$$\text{ó } t_{retardo} = \frac{\theta}{360 * f} = \frac{\theta * T}{360}$$

longitud = 3 [Km] (longitud constante)				ECUALIZADOR		
frecuencia [Hz]	V _{in} [Vpp]	V _{out} [Vpp]	Ganancia [adim] [dB]		defasamiento [°]	retardo [μs]
100						
141						
200						
283						
400						
566						
800						
1000						
1131						
1600						
2263						
3200						
4525						
6400						
9051						
12800						

Graficar con los datos obtenidos
Ganancia vs. frecuencia
Defasamiento vs. frecuencia
Retardo vs. frecuencia



Escala horizontal : logarítmica, frecuencia cada media octava.
Escala vertical : lineal, Ganancia adimensional y en dB, Fase en grados, retardo en μ s.

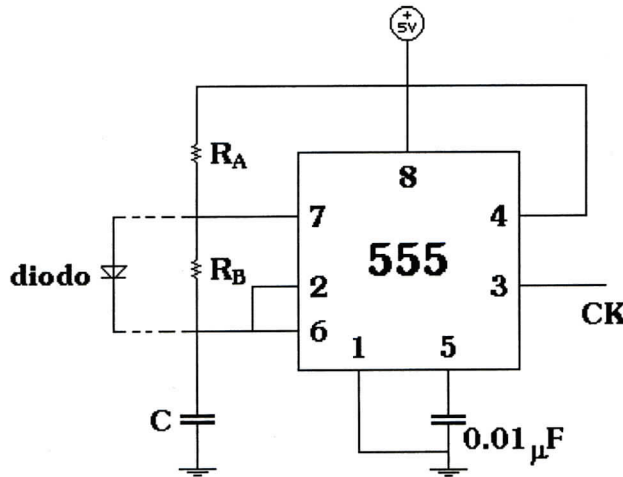
CONCLUSIONES

DESARROLLO

EXPERIMENTO 4

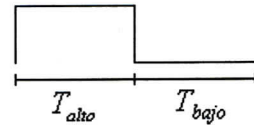
Generar datos (palabra pseudoaleatoria de 15 bits a 4 Kbps)

Armado en protoboard el siguiente circuito:



frecuencia del reloj

$$f \cong \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C}$$



$$T_{alto} \cong 0.7(R_A + R_B)C$$

$$T_{bajo} \cong 0.7R_B C$$

Timer a una frecuencia acorde a la velocidad de transmisión

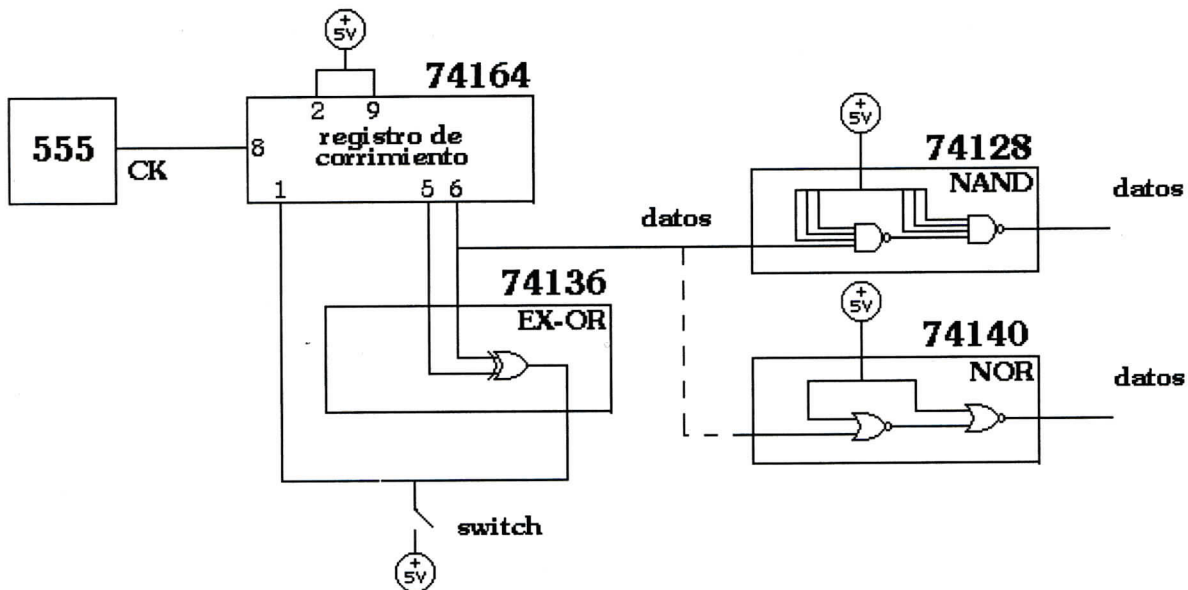
PROCEDIMIENTO

Calcular los valores de R_A , R_B y C para que el timer tenga una frecuencia de 4 KHz.

Colocar el diodo para que la señal se salida CK cumpla con : $T_{alto} = T_{bajo}$, es decir, sea una señal completamente cuadrada (Ciclo de Trabajo = 1/2).

Armado en protoboard el siguiente circuito :

(con el 74128 ó el 74140)



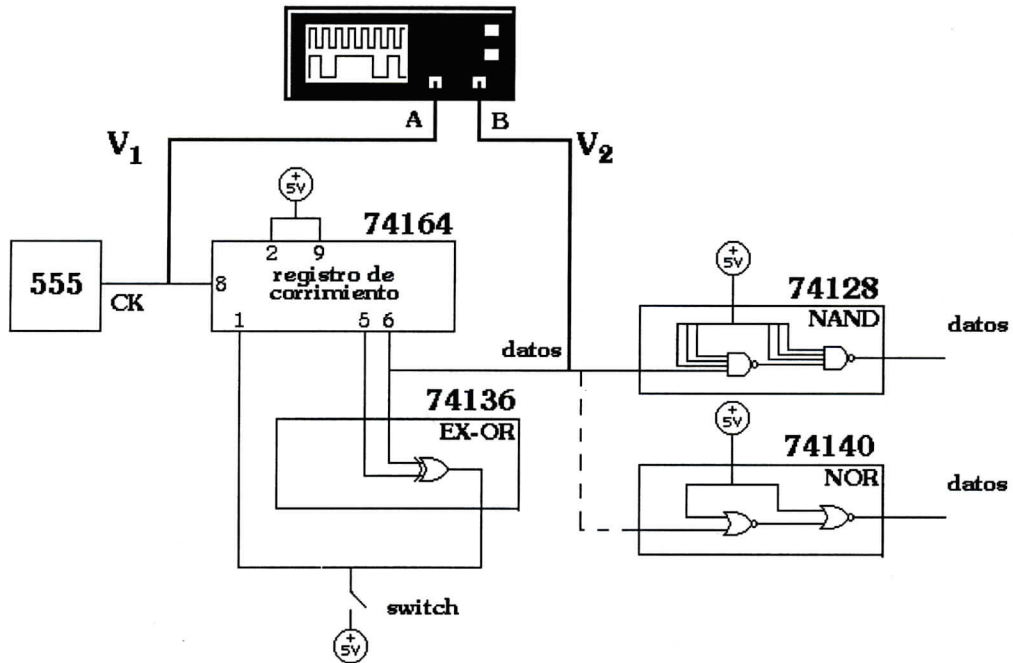
Generador de datos o señal digital (palabra pseudoaleatoria)

La señal digital generada es una palabra pseudoaleatoria con las siguientes características:

- longitud de palabra de 15 bits,
- velocidad de transmisión de 4 Kbps,
- amplitud de 5 Vpp aproximadamente.

A la palabra se llama pseudoaleatoria porque en los 15 bits no parece haber una secuencia de bits reconocible o predecible sin embargo, la palabra de 15 bits es repetitiva..

DIAGRAMA DE CONEXIONES



PROCEDIMIENTO

Con el switch , introducir un pulso de corta duración para iniciar la secuencia.

V_1 es la señal cuadrada del reloj.(555)

V_2 es la señal digital o datos.

Medir en el osciloscopio las siguientes señales : V_1 en el canal A y V_2 en el canal B.

Dibujar y acotar el oscilograma.

Comparando las dos señales obtener los 15 bits de la palabra.

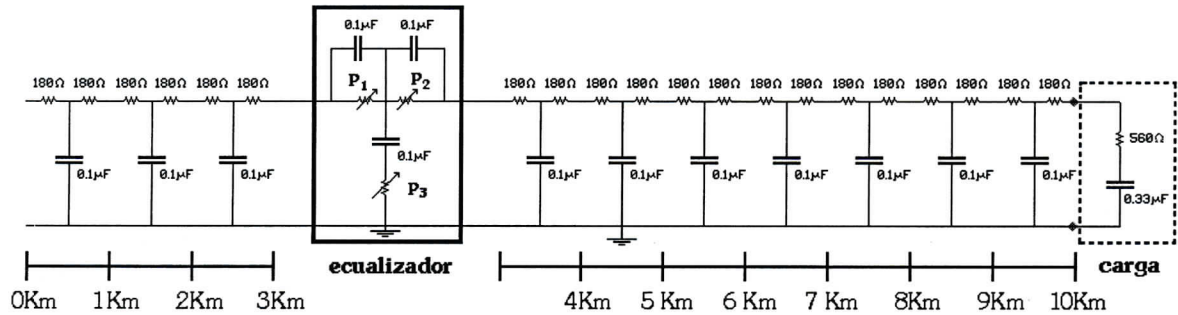
Verificar longitud de palabra y velocidad de transmisión, así como la duración del bit.

DESARROLLO

EXPERIMENTO 5

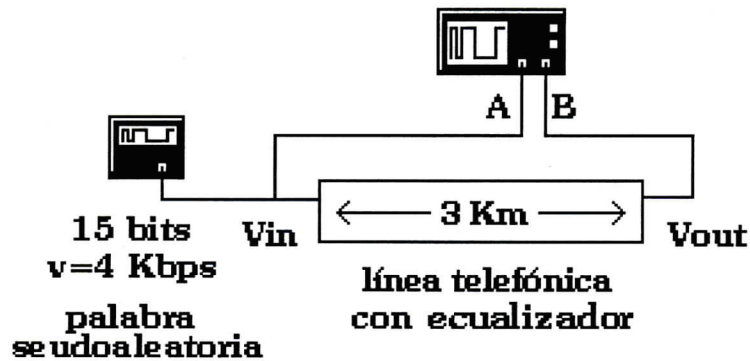
Obtener el comportamiento de la línea telefónica al transmitir datos

Utilizar los circuitos armados anteriormente en protoboard:
 10 Km de línea telefónica y ecualizador (experimento 2)
 Generador de señal digital (experimento 4)



Línea ecualizada

DIAGRAMA DE CONEXIONES



PROCEDIMIENTO

Utilizar la palabra pseudoaleatoria generada en el experimento anterior

- longitud de palabra de 15 bits
- velocidad de transmisión de 4 Kbps
- amplitud de 5 Vpp.

Vin es el voltaje de los datos a la entrada de la línea.

Vout es el voltaje que existe a la salida del ecualizador.

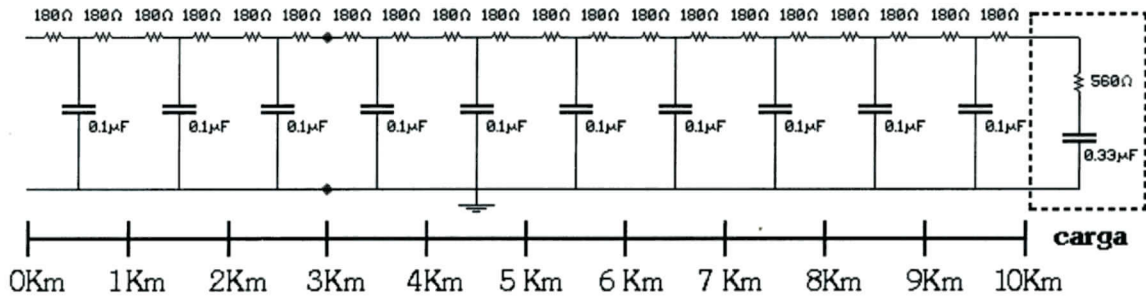
Recordar : Los 3 Km de línea y el ecualizador están conectados en cascada.

No mover las perillas de los potenciómetros, porque los valores de las resistencias de dichos potenciómetros se ajustaron anteriormente para ecualizar la línea.

DESARROLLO

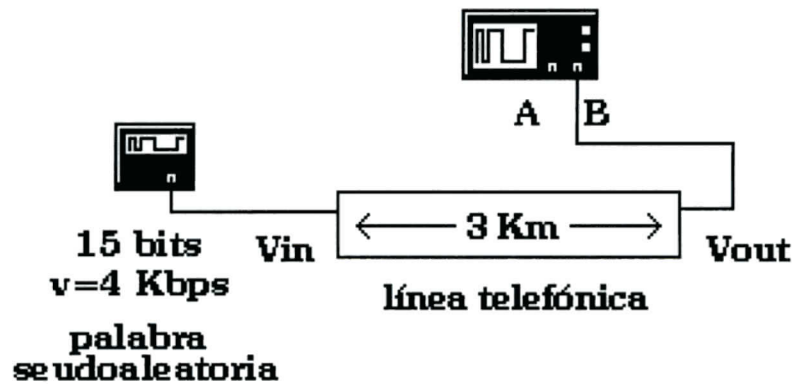
EXPERIMENTO 6
Observar el diagrama de ojo

Utilizar los circuitos armados anteriormente en protoboard:
 10 Km de línea telefónica (experimento 1)
 Generador de señal digital (experimento 4)



3 Km a la entrada de la línea telefónica.

DIAGRAMA DE CONEXIONES



PROCEDIMIENTO

Utilizar la palabra pseudoaleatoria generada en el experimento anterior

- longitud de palabra de 15 bits
- velocidad de transmisión de 4 Kbps
- amplitud de 5 Vpp.

Vin es el voltaje de los datos a la entrada de la línea.

Vout es el voltaje que existe a 3 km de la entrada de la línea.

El diagrama de ojo se puede observar en cualquier punto de la línea

Ajustar la escala del barrido de tiempo en el osciloscopio de manera que se pueda observar el diagrama de ojo.

Observar en el osciloscopio las siguientes señales : Vin en el canal A y Vout en el canal B.

Dibujar y acotar el oscilograma.

NOTAS

PRACTICA #3

SIMULACIÓN DE LA RESPUESTA A LA FRECUENCIA DE UNA LÍNEA TELEFÓNICA

CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

SIMULACIÓN
RESPUESTA A LA FRECUENCIA

Investigar

INTRODUCCION

El paquete de computación que se requiere para esta práctica es el siguiente:

Micro-Cap II Student Version 5.0 (March 1988)
Spectrum Software Copyright 1984-88.

La versión para estudiante difiere de la versión completa profesional en lo siguiente:

- La versión para estudiante no es una copia protegida.
- El número máximo de NODOS es de 25.
- Los modulos PEP y PLOTTER no se proporcionan.
- La versión profesional requiere un coprocesador y corre de 2 a 4 veces más rápido que la versión para estudiante

El archivo INSTALL.BAT se utiliza tanto en instalaciones para sistemas con 2 drives como para los de disco duro. También es posible la instalación, creando el subdirectorio MC2 y después copiando todos los archivos que contiene el diskette.

El monitor puede ser monocromático, VGA o SVGA.

En sistemas de un drive, si el espacio en disco es limitado pueden ser borrados los siguientes archivos:

Circuit files.....*.NET
User waveform file...USER.0
README.DOC
INSTALL.BAT

Los archivos en los que se guarden los circuitos creados por el usuario tendrán la extensión **.NET**

Archivos que debe contener:

Directorio de A:\MC2			Directorio de A:\MC2\DATA		
.	<DIR>		.	<DIR>	
..	<DIR>		..	<DIR>	
DATA	<DIR>		LIBRARY	STD	60,168
INSTALL	BAT	2,977	PRLC	NET	723
README	DOC	994	MACROEX	NET	561
START	BAT	69	RLC	NET	535
INT10	COM	6,040	DIFFAMP	NET	1,142
MC2	EXE	159,545	FILTER	NET	1,140
BRUN30	EXE	70,680	COLPITTS	NET	706
BUFFER	MC2	219	MOSDIFF	NET	1,272
RESOURCE	MC2	20,354	HARMONIC	NET	565
BTEST	EXE	4,032	TTLINV	NET	975
WAVEGEN	BAS	2,840	USER	0	3,897
10 archivo(s)		267,748 bytes	11 archivo(s)		72,738 bytes

OBJETIVOS

- Obtener las características de una línea telefónica (par de alambres de cobre) mediante un paquete de simulación.
- Comparar el funcionamiento teórico de la línea con su funcionamiento real (práctica 1)
- Comparar el funcionamiento teórico del ecualizador con su funcionamiento real (práctica 2)
- Comparar el funcionamiento teórico de la línea ecualizada con su funcionamiento real (práctica 2)
- Familiarizarse con el manejo de paquetes para computadora, así como con sus resultados.

EXPERIMENTOS

Mediante el uso del paquete Microcap II para PC.

- 1.- Obtener la gráfica de la respuesta a la frecuencia de la línea telefónica.
- 2.- Obtener la gráfica de fase vs. frecuencia de la línea telefónica.
- 3.- Obtener la gráfica de la respuesta a la frecuencia del ecualizador.
- 4.- Obtener la gráfica de fase vs. frecuencia del ecualizador.
- 5.- Obtener la gráfica de la respuesta a la frecuencia de la línea telefónica ecualizada.
- 6.- Obtener la gráfica de fase vs. frecuencia de la línea telefónica ecualizada.
- 7.- Variar los valores de las resistencias en los potenciómetros para obtener una respuesta a la frecuencia lo más aproximada a la ideal para la línea ecualizada.

EQUIPO

Computadora Personal
Impresora
Paquete MICROCAP II
Electronic Circuit
Analysys Program
Students Version 5.0

Nota: El paquete MICROCAP II funciona bajo Sistema Operativo MS-DOS.

Es necesario copiar el paquete en un diskette de 3 1/2 pulgadas HD/DS ó DD/DS.

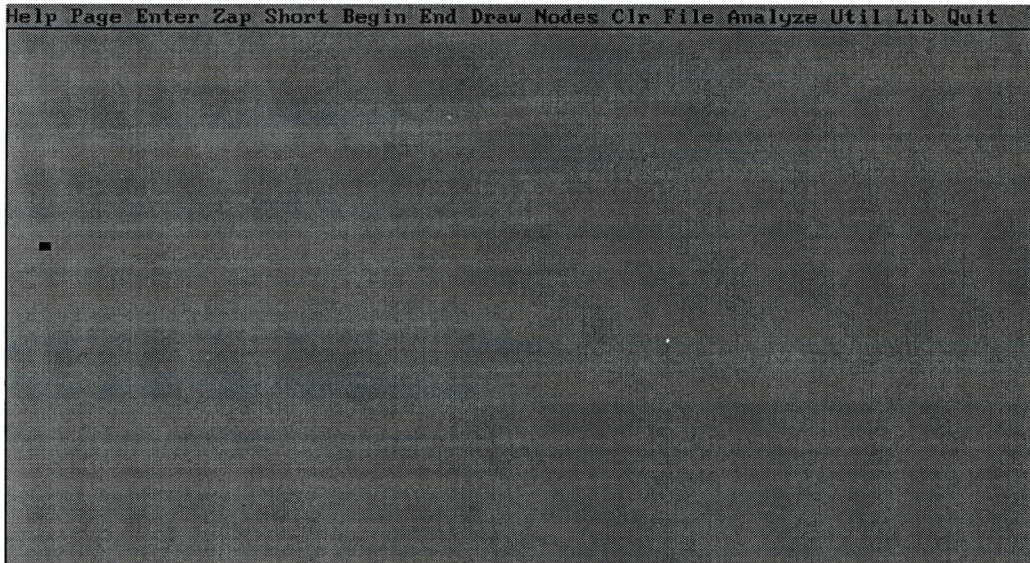
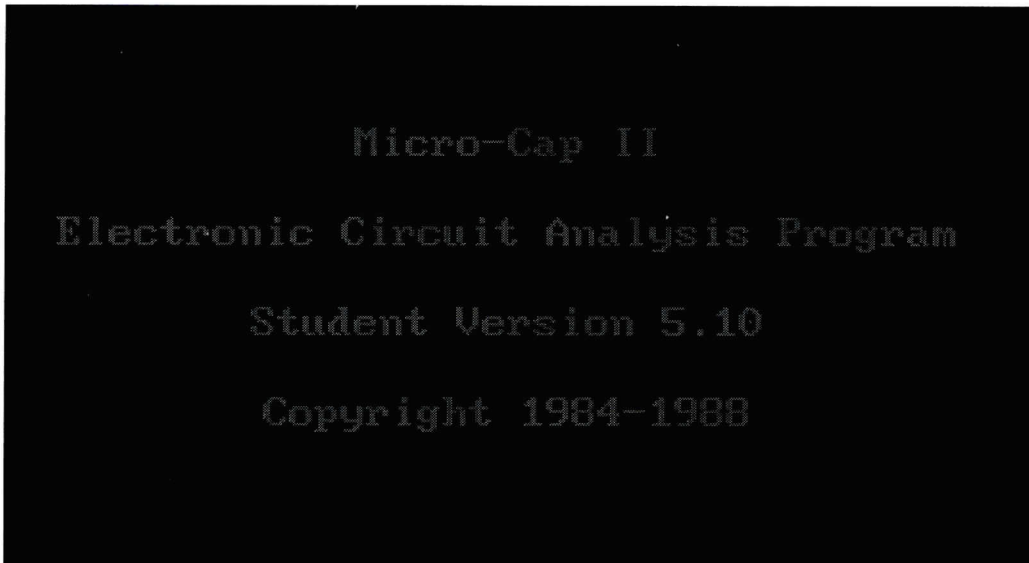
DESARROLLO

Bajo el sistema Operativo MS-DOS

C:> A: ↵

A:> cd MC2 ↵

A:\MC2> MC2 ↵



El cursor debe aparecer en alguna parte de la pantalla para proceder a dibujar el circuito que después se analizará. La posición inicial donde se encuentre el cursor para dibujar el circuito es importante, porque una vez dibujado dicho circuito no será posible moverlo.

En el caso de los monitores a color, cuando no se observe el cursor se deben modificar los colores. De igual manera se deben elegir colores que permitan distinguir las diferentes gráficas, tanto en pantalla como impresas.

- Para activar el comando **Lib (Library)**, teclear **L** y obtenemos el siguiente menú:

Standard Components
Library STD
0: Opamps
1: Diodes
2: Bipolar transistors
3: MOS Transistors
4: Programmable waveforms
5: Sinusoidal sources
6: Transformers
7: Polynomial sources
8: Printer copy of library
9: Passive component labels
10:Retrieve a library
11:Save a library
12:Rename current library
13:Quit
14:Change colors

Your choice ? **14**↓

Colores: Texto... ↑↓ Fondo... →← Select...+ - Q:Quit

Al oprimir las flechas observamos los cambios de color, hasta encontrar la combinación más conveniente, después teclear **Q** y finalmente Your choice ? **13**↓

A continuación solamente se describen los comandos utilizados para esta práctica, basta con teclear la letra en negrita para activarlo.

COMANDOS	FUNCION
H elp	Mostrar esta lista de comandos y la lista de componentes
↑ Up Arrow	Mover el cursor hacia arriba dentro de la ventana
← Left Arrow	Mover el cursor a la izquierda dentro de la ventana
→ Right Arrow	Mover el cursor a la derecha dentro de la ventana
↓ Down Arrow	Mover el cursor hacia abajo dentro de la ventana
E nter	Dibujar un nuevo componente o elemento
Z ap	Borrar o cambiar el valor de un componente
S hort	Dibujar cortos o lineas
B egin	
E nd	
C lr	Borrar la pantalla
F iles	Salvar, Recuperar o Borrar archivos
P age	
D raw	Dibujar o redibujar el circuito cuando ha sufrido modificaciones
A nalyze	Elegir uno de los cuatro tipos de análisis del circuito (2: A.C.)
N odes	Asignar números a los nodos del circuito
L ibrary	Cambiar los colores de la pantalla, entre otros
W idth	
U tility	
Q uit (or ESC)	Salir de Micro-cap II a MS-DOS

FACULTAD DE INGENIERÍA - U.N.A.M.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES
LABORATORIO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

A continuación se marcan con negritas las abreviaturas de los componentes (tres caracteres) utilizados para esta práctica

ABREVIATURA	NOMBRE DEL COMPONENTE	VALOR (parámetro)
BAT	Bateria	
RES	Resistencia	por default son Ω MEG = Megaohms = $M\Omega = 1E6$ K = Kilo ohms = $K\Omega = 1E3$
CAP	Capacitor	UF = microFarad = $\mu F = 1E-6$ NF = nanoFarad = $nF = 1E-9$ PF = picoFarad = $pF = 1E-12$ MH = miliHenry = $mH = 1E-3$
IND	Inductor	
DIO	Diodo	
VSI	Fuente de voltaje Sinusiodal	
V(T	Fuente de voltaje Programable	PULSE
USE	Forma de onda utilizada	
NPN	Transistor NPN	
PNP	Transistor PNP	
NMO	Transistor NMOS	
PMO	Transistor PMOS	
OPA	Amplificador Operacional	
POL	Fuente Polinomial	
TRA	Transformador	
SWI	Switch/ Interruptor	
GND	Tierra	no es necesario -----
SHO	Corto	no es necesario -----
TIE	Conexión TIE	
PIN	Definición Macro Pin	
LIN	Linea de transmisión	
Name	Macros usar los tres primeros caracteres de el nombre del archivo empleado	

Para indicar el valor de los componentes o elementos utilizar números para las cantidades y letras mayúsculas para las unidades, porque este paquete no acepta letras griegas ni minúsculas (MH significa miliHenry y no MegaHenry, ya que estas últimas no son prácticas en circuitos o líneas reales).

- **Enter**.(Teclear **E**).- Para dibujar los componentes o elementos del circuito.

Enter type of component... Press ESC to abort ? ↵

Consultar la tabla anterior para conocer las abreviaturas de los componentes (3 caracteres).

Direction (R,L,U,D) ?U

Indicar con una letra la dirección hacia la cual se necesita dibujar el elemento, dicha dirección dependerá de la posición donde se encuentre el cursor.

R(Right)=Derecha / **L**(Left)=Izquierda / **U**(Up)=Arriba / **D**(Down)=Abajo

Reflection (X,Y,None) ?N

Siempre elegir **N**(None)=Ninguna

Parameter ? ↵

Consultar la tabla anterior para indicar los valores de cada componente cuando sea necesario.

Para dibujar una Fuente:

```
Enter type of component...Press ESC to abort ?V(I) ... ↵
Direction (R,L,U,D) ?U R/L/U/D
Reflection (X,Y,None) ?N N
Parameter ?PULSE ... ↵
```

Para dibujar una Resistencia:

```
Enter type of component...Press ESC to abort ?RES ... ↵
Direction (R,L,U,D) ?R R/L/U/D
Reflection (X,Y,None) ?N N
Parameter ?180 ... ↵
```

Dar el valor de la resistencia. No es necesario indicar que son ohms Ω , se asume por default.

Para dibujar un Capacitor:

```
Enter type of component...Press ESC to abort ?CAP ... ↵
Direction (R,L,U,D) ?D R/L/U/D
Reflection (X,Y,None) ?N N
Parameter ?0.1UF ... ↵
```

Para dibujar la Tierra:

```
Enter type of component...Press ESC to abort ?GND ... ↵
Direction (R,L,U,D) ?D R/L/U/D
```

NOTA: No olvidar la tierra, en ese caso aparecería el siguiente mensaje al hacer analisis en AC

```
Error...The circuit is missing a ground.
```

Para dibujar un corto como elemento:

```
Enter type of component...Press ESC to abort ?SHD ... ↵
Direction (R,L,U,D) ?L R/L/U/D
```

Para dibujar un corto mediante el comando :

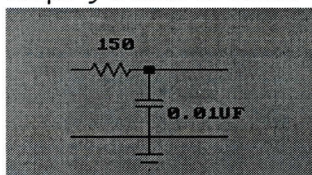
- **Short (Teclear S)**

```
Direction (R,L,U,D) ?L R/L/U/D
```

- **Zap.**(Teclear **Z**).- Para borrar o cambiar el valor de los componentes o elementos del circuito. Sobre todo en los nodos del circuito se debe distinguir el elemento a cambiar/borrar.

En los monitores monocromáticos el elemento elegido se dibuja en forma intermitente,pero en los monitores a color no podemos distinguirlo. Teclear ↵ (RETURN) para cambiar de elemento,así la secuencia sigue el orden en el cual se dibujo el circuito. El problema es diferenciar los elementos iguales que convergan en un nodo.

Por ejemplo, si para el siguiente circuito deseamos cambiar el valor del capacitor a $0.1\mu\text{F}$ y borrar el corto:



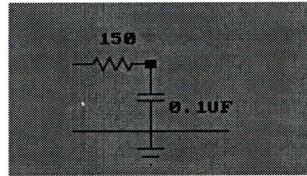
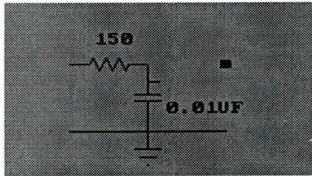
Teclear **Z**

Press Z to zap...<Enter> to skip...C to change parameter of 150 RESISTOR

no es necesario cambiar el valor de la resistencia, entonces teclear ↵

Press Z to zap...<Enter> to skip...

es necesario eliminar el corto, entonces teclear **Z** nuevamente



regresar con las flechas (←↑→↓) el cursor al nodo.

Teclear **Z**

Press Z to zap...<Enter> to skip...C to change parameter of 150 RESISTOR

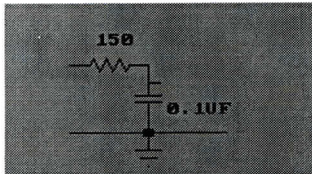
no es necesario cambiar el valor de la resistencia, entonces teclear ↵

Press Z to zap...<Enter> to skip...C to change parameter of 0.01UF CAPACITOR

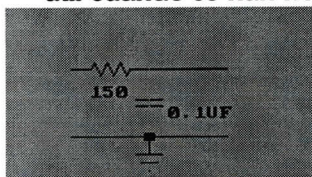
es necesario cambiar el valor del capacitor, entonces teclear **C**

Enter new parameter 70.1UF

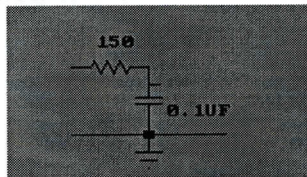
dar el nuevo valor del elemento, 0.1μF para este caso, después teclear ↵



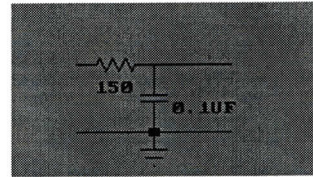
- **Draw.**(Teclear **D**).- Para dibujar o redibujar los componentes o elementos del circuito, es útil cuando se han hecho modificaciones al circuito y le sobran o faltan líneas.



ó



⇒



- **Files** (Teclear **F**).- Para Salvar, Recuperar o Borrar archivos que contienen los circuitos.

File Options...1:Retrieve 2:Save 3>Delete 4:Show Directory

1 Enter name of file to be retrieved...Press ESC to abort...(CIRCUITO) ?

por default aparece entre perentesis el nombre del último archivo utilizado en esa sesión, debemos dar el nombre del archivo a recuperar.

2 Enter name of file to be saved...Press ESC to abort...?

dar un nombre al archivo o circuito para guardarlo (máximo 8 caracteres)

3 Enter name of file to be deleted...Press ESC to abort?

dar el nombre del archivo o circuito a borrar.

4 muestra el directorio de archivos con extensión NET dentro de A:\MC2\DATA

- **Clr (Clear)**(Teclear **C**)- Para borrar o limpiar la pantalla y dibujar un nuevo circuito. Si el circuito no se ha guardado en un archivo saldrá el siguiente mensaje:

```
File Untitled has changed, Save it (Y,N,ESC=Abort)
```

para guardarlo ,elegir **Y**

```
Enter name of file to be saved...Press ESC to abort...?
```

dar el nombre del archivo (8 caracteres como máximo)

```
Clear the current network (Y,N) ?
```

- **Quit** (Teclear **Q**)- Para salir de Microcap II a MS-DOS.

```
Quit (Y,N) ?
```

- **Nodes** (Teclear **N**)- Para asignar números a los nodos del circuito. Poner mucha atención en el número del nodo de entrada y el de salida que asigna el paquete, porque de ellos dependera el resultado del análisis que se realizará.

- **Analyze** (Teclear **A**)- Para analizar el circuito

```
Analysis Options: 1:Transient 2:AC 3:DC 4:Fourier
```

elegir 2 : AC, teclear **2**

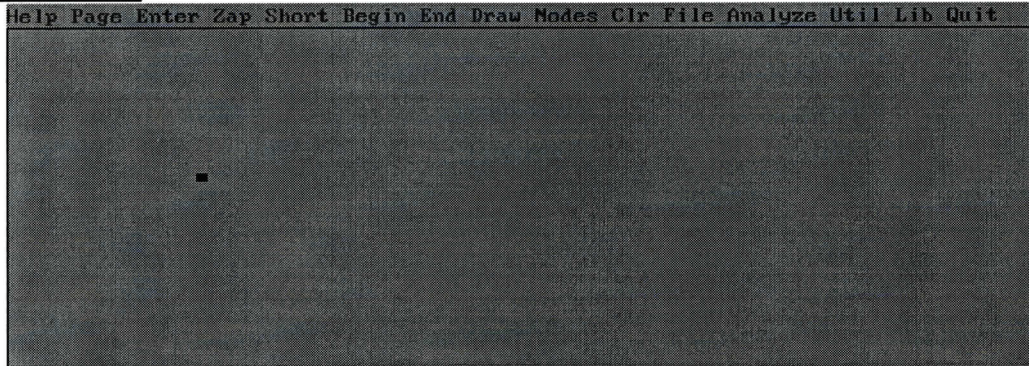
Un análisis en AC gráfica el diagrama de Bode (ganancia de voltaje en decibeles contra frecuencia). Si el circuito contiene cualquier elemento no lineal, el programa calculará el punto de operación en DC, así que las características en señal pequeña de cada elemento no lineal puede ser determinado, y entonces cada elemento no lineal es reemplazado por un elemento lineal basado en estas características de señal pequeña. si el circuito no contiene elementos no lineales, el valore del parámetro de relajamiento no será requerido.

Antes del análisis en AC, el sistema reemplaza todas las baterías y fuentes de voltaje variables en el tiempo con resistencias de 0.001Ω y conecta a fuentes de voltaje de onda senoidal con frecuencia variable 1 V entre el nodo de entrada especificado por el usuario y la tierra.

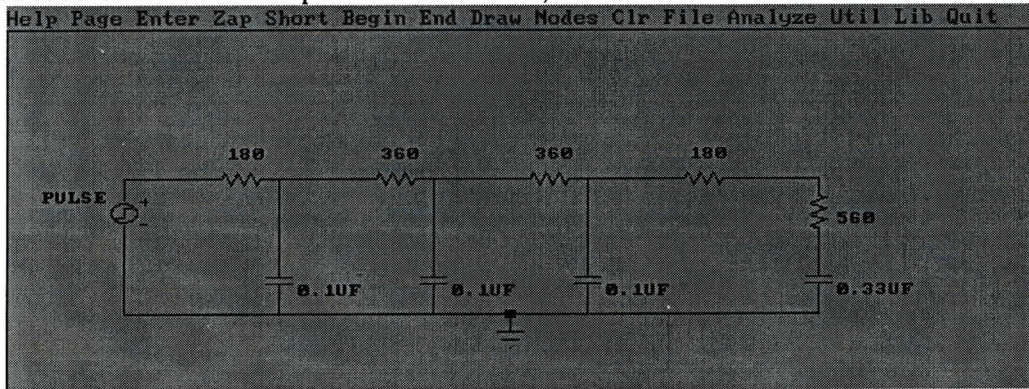
El programa despliega tres variables de salida contra la frecuencia:

- **Gain** / Ganancia (en decibeles) La relación del voltaje de salida al voltaje de entrada, graficada como función de la frecuencia.
- **Phase Shift** / Cambio de Fase (en grados) La diferencia de fase entre la forma de onda de salida y la forma de onda de entrada, graficada en función de la frecuencia.
- **Group Delay** / Grupo de Retardo (en segundos) La pendiente de la curva del cambio de fase respecto a la frecuencia, graficada en función de la frecuencia.

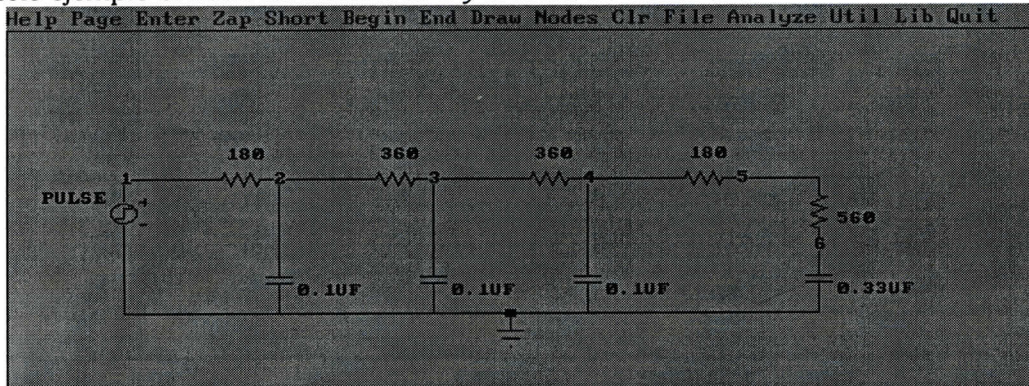
DESARROLLO



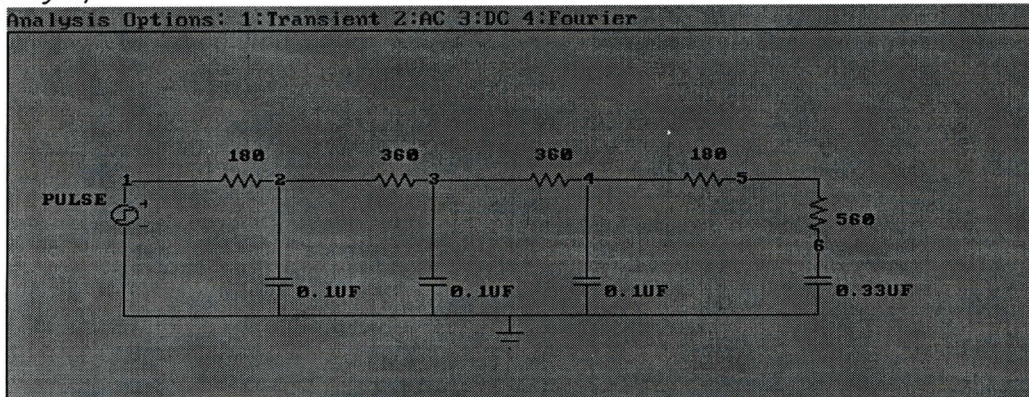
Dibujar cada elemento o componente de circuito, no olvidar la tierra.



N (Nodes) Numerar los nodos. Fijarse en los números de nodos de entrada y de salida. para este ejemplo el nodo de entrada es 1 y el nodo de salida es 5



A (Analyze) Analizar el circuito



2 (2: A.C.) Analisis en Corriente Alterna.

Analysis Limits	
Lowest frequency	1E6
Highest frequency	1E8
Lowest gain (db)	-80
Highest gain (db)	20
Lowest phase shift	-360
Highest phase shift	90
Lowest group delay	1E-9
Highest group delay	1E-4
Input node number	1
Output node number	2
Minimum accuracy (%)	5
Auto or Fixed frequency step (A,F)	A
Temperature (Low/High/Step)	27
Number of cases	1
Output: Disk, Printer, None (D,P,N)	N
Save, Retrieve, Normal run (S,R,N)	N
Default plotting parameters (Y,N)	Y

A continuación se explican únicamente los que se deben modificar para esta práctica :

Frecuencia (en Hz) mínima y máxima

- **Lowest Frequency** .-Especifica el limite inferior del rango de frecuencia en el eje horizontal de la gráfica. (**no es valido el valor de 0 Hz**)
- **Highest Frequency** .-Especifica el limite superior del rango de frecuencia en el eje horizontal de la gráfica.

Ganancia (en dB) mínima y máxima

- **Lowest Gain (dB)**.-Especifica el límite inferior de la ganancia en el eje vertical de la gráfica.
- **Highest Frequency** .-Especifica el límite superior de la ganancia en el eje vertical de la gráfica.

Cambio de fase (en grados) mínimo y máximo

- **Lowest Phase Shift** .-Especifica el limite inferior de la fase (o defasamiento) en el eje vertical de la gráfica.
- **Highest Phase Shift** .-Especifica el limite superior de la fase (o defasamiento) en el eje vertical de la gráfica.

Número del nodo de entrada (generalmente 1) y número del nodo de salida

- **Input Node Number**.- Especifica el nodo en el cual la fuente de voltaje de señal senoidal es aplicada al circuito.
- **Output Node Number**.- Especifica el nodo en el cual la salida de voltaje sinusoidal es medida en el circuito. Para observar Ganancia y/o Fase

Datos que no se recomienda cambiar

- **Mínimum accuracy(%)**(Exactitud Mínima).- Determina el número de puntos de frecuencia a analizar para evaluar su ganancia y fase (grupo de retardo no utiliza este criterio) Valores típicos entre 1% Y 5% son utilizados. **5% por default**
- **Auto or Fixed frequency step(A,F)** .- Cuando se selecciona **F** proporciona la capacidad de controlar el número de puntos de frecuencia a calcular. Para **A** los pasos se ajustan en base a la exactitud mínima fijada anteriormente. **A por default**
- **Temperature** .- Especificando los valores de temperatura mínima, máxima y el paso, el sistema desarrollará múltiples análisis para los diferentes valores de temperatura hasta

alcanzar la máxima. Si cualquiera de los componentes tiene coeficientes de temperatura, entonces es posible observar una familia de curvas. Especificando una sola temperatura se producirá únicamente un análisis. La unidades son °C **27 por default**

- **Number of cases** .- Cuando el número es mayor a uno, la simulación se repetirá el número de veces especificado y los parámetros de los componentes del circuito serán cambiados antes de cada corrida, basándose en la tolerancia especificada para cada parámetro. El resultado será una familia de curvas, basada en el peor de los casos en un conjunto de valores al azar. Cuando el número de casos es uno, los valores nominales son utilizados como parámetros de los componentes. **1 por default**
- **Output: Disk, Printer, None (D,P,N)** .- Permite imprimir los voltajes en los nodo en el disco o en la impresora. (Envía solo los valores para los puntos de frecuencia)
N por default
- **Save, Retrieve, Normal run (S,R,N)** .- Permite salvar el análisis para la última modificación. La opción save guarda todos los voltajes en los nodos y las corrientes en los inductores en cada punto calculado, esto requiere una gran cantidad de espacio en disco.
N por default
- **Default plotting parameters (Y,N)** .- Especificando N se puede omitir cualquiera de las tres gráficas (ganancia vs. frecuencia, fase vs. frecuencia y grupo de retardo vs. frecuencia) cambiar el ancho y los colores de la gráfica, incluir rejillas en las gráficas para localizar valores específicos, desplegar en la pantalla los datos valuados para los puntos de frecuencia durante el análisis.

Are these correct (Y,N,ESC-Abort) ? N

Teclear N para modificar rangos y los números de nodos

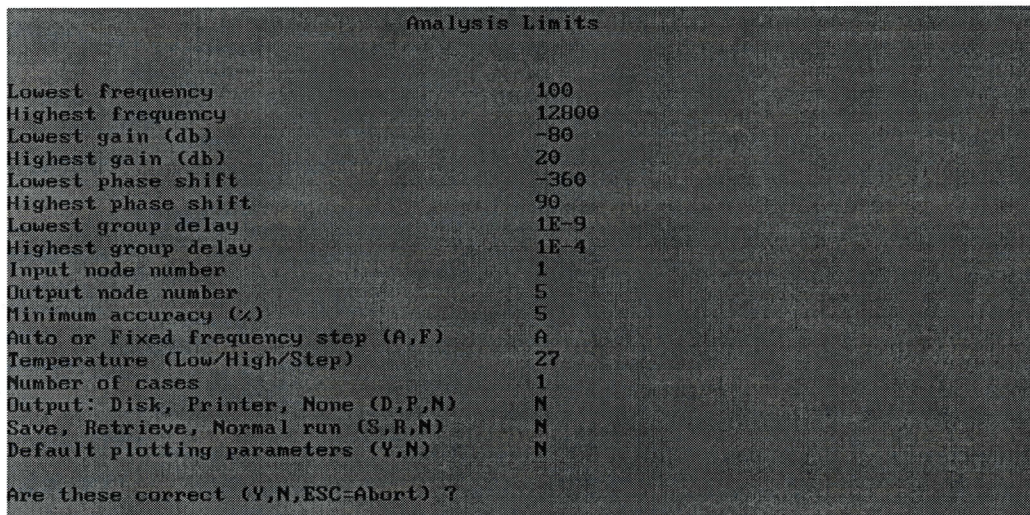
```

Analysis Limits
Lowest frequency           100
Highest frequency         12800
Lowest gain (db)          -80
Highest gain (db)         20
Lowest phase shift        -360
Highest phase shift       90
Lowest group delay        1E-9
Highest group delay       1E-4
Input node number         1
Output node number        275
Minimum accuracy (%)      5
Auto or Fixed frequency step (A,F)
Temperature (Low/High/Step) 27
Number of cases           1
Output: Disk, Printer, None (D,P,N) N
Save, Retrieve, Normal run (S,R,N) N
Default plotting parameters (Y,N) Y
Press <Enter> to accept default values or type desired value & press <Enter>
```

- Es posible desplazarse con las flechas (↑ ↓) en la lista sin modificar los valores.
- Para cambiar algún valor teclear la nueva cantidad después del signo ? y a continuación teclear ↵ para que acepte el nuevo valor.

Default plotting parameters (Y,N) Y?N

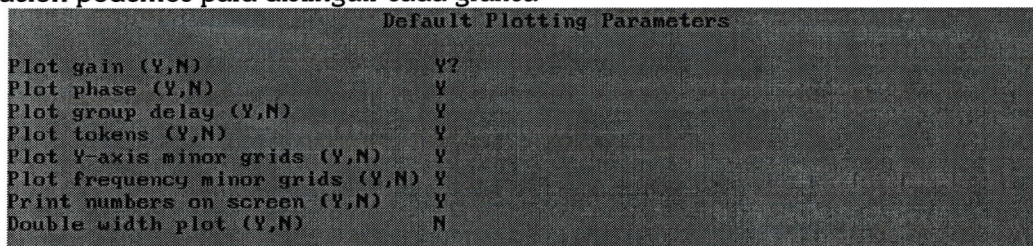
Especificando N se puede observar individualmente cada una de las tres gráficas (ganancia vs. frecuencia, fase vs. frecuencia y grupo de retardo vs. frecuencia) y así elegir la escala y el color más conveniente para cada una.



Analysis Limits	
Lowest frequency	100
Highest frequency	12800
Lowest gain (db)	-80
Highest gain (db)	20
Lowest phase shift	-360
Highest phase shift	90
Lowest group delay	1E-9
Highest group delay	1E-4
Input node number	1
Output node number	5
Minimum accuracy (%)	5
Auto or Fixed frequency step (A,F)	A
Temperature (Low/High/Step)	27
Number of cases	1
Output: Disk, Printer, None (D,P,N)	N
Save, Retrieve, Normal run (S,R,N)	N
Default plotting parameters (Y,N)	N
Are these correct (Y,N,ESC=Abort) ?	

Teclar **Y**

Se despliega en la pantalla otro menú donde se pueden modificar los parámetros de graficación podemos para distinguir cada gráfica



Default Plotting Parameters	
Plot gain (Y,N)	Y?
Plot phase (Y,N)	Y
Plot group delay (Y,N)	Y
Plot tokens (Y,N)	Y
Plot Y-axis minor grids (Y,N)	Y
Plot frequency minor grids (Y,N)	Y
Print numbers on screen (Y,N)	Y
Double width plot (Y,N)	N

- Es posible desplazarse con las flechas (↑ ↓) en la lista sin modificar los valores.

- Elegir Y/N después del signo ? , a continuación teclear ↓ para que acepte el nuevo dato y así activar/desactivar las siguientes opciones respecto a las gráficas que proporciona el paquete.

- **Plot gain** .- Para observar gráfica de ganancia vs. frecuencia.
- **Plot phase** .- Para observar gráfica de fase vs. frecuencia.
- **Plot group delay** .- Para observar gráfica de grupo de retardo vs. frecuencia.
- **Plot tokens** .- Para observar gráfica con marcas en los puntos de frecuencia calculados.
- **Plot Y-axis minor grids** .- Para observar gráfica con rejilla o divisiones en el eje vertical.
- **Plot frequency minor grids** .- Para observar gráfica con rejilla o divisiones en el eje horizontal.
- **Print numbers on screen** .- Para observar en la pantalla los valores que se van calculando y graficando según la exactitud mínima y los pasos de frecuencia prefijados.
- **Double width plot** .- Para obtener la gráfica con doble de ancho. **N por default**

Una vez elegidas las opciones anteriores se despliegan en la pantalla los números asociados a los colores que podemos observar, para así distinguir cada gráfica (elegir los colores para identificarlas tanto en pantalla como al imprimir)

```
Default Plotting Parameters
Plot gain (Y,N)          Y
Plot phase (Y,N)        N
Plot group delay (Y,N)  N
Plot tokens (Y,N)       Y
Plot Y-axis minor grids (Y,N) Y
Plot frequency minor grids (Y,N) Y
Print numbers on screen (Y,N) N
Double width plot (Y,N) N

  1  2  3  4  5  6      8  9      11 12      14 15
Text color                1
Grid color                11?
Gain color                8
Phase color               15
Delay color               3
```

- Es posible desplazarse con las flechas (↑ ↓) en la lista sin modificar los valores.
- Para cambiar algún valor teclear la nueva cantidad después del signo ? y a continuación teclear ↵ para que acepte el nuevo valor.

```
Default Plotting Parameters
Plot gain (Y,N)          Y
Plot phase (Y,N)        N
Plot group delay (Y,N)  N
Plot tokens (Y,N)       Y
Plot Y-axis minor grids (Y,N) Y
Plot frequency minor grids (Y,N) Y
Print numbers on screen (Y,N) N
Double width plot (Y,N) N

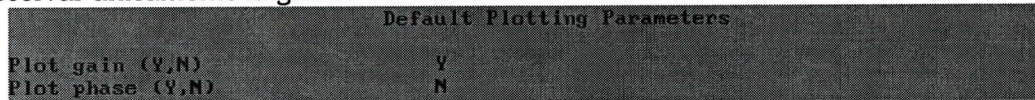
  1  2  3  4  5  6      8  9      11 12      14 15
Text color                1
Grid color                11
Gain color                8
Phase color               15
Delay color               3

Are these correct (Y,N) ?
```

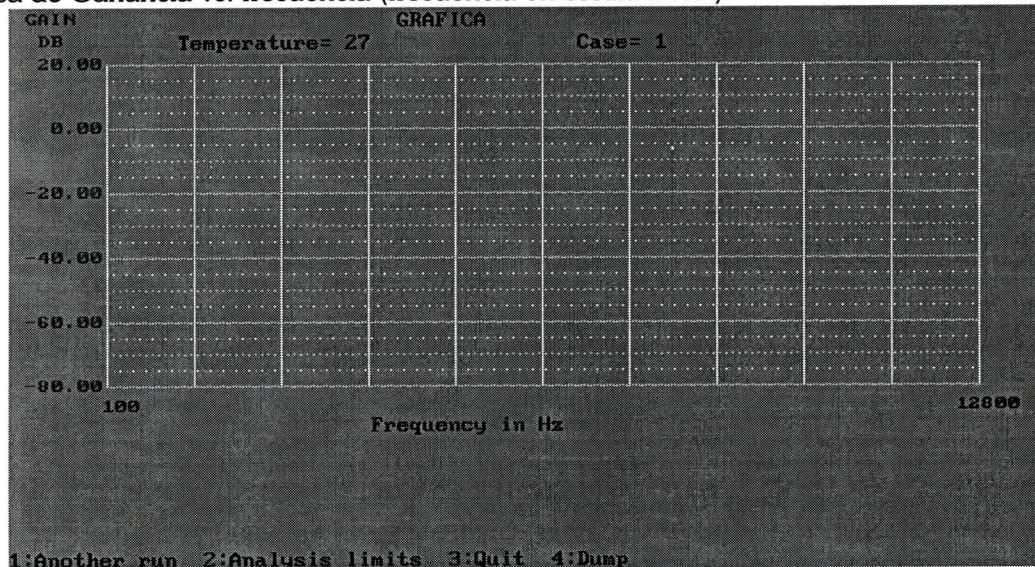
Una vez elegidas las opciones anteriores se despliegan en la pantalla el mensaje
Are these correct (Y,N,ESC=Abort) ?

Teclear **Y** para observar la(s) gráfica(s) elegidas así como sus correspondientes escalas.

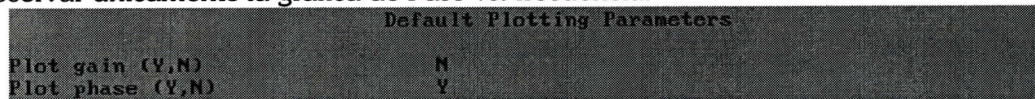
- Observar únicamente la gráfica de Ganancia vs. frecuencia.



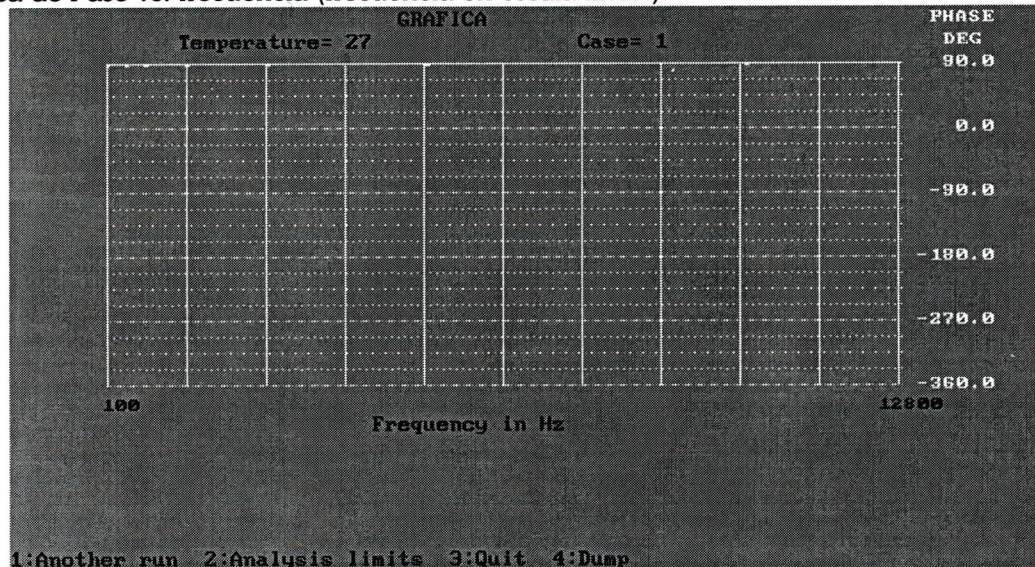
Gráfica de Ganancia vs. frecuencia (frecuencia en escala lineal).



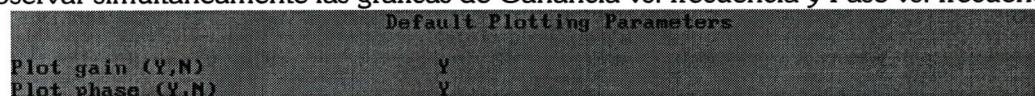
- Observar únicamente la gráfica de Fase vs. frecuencia.



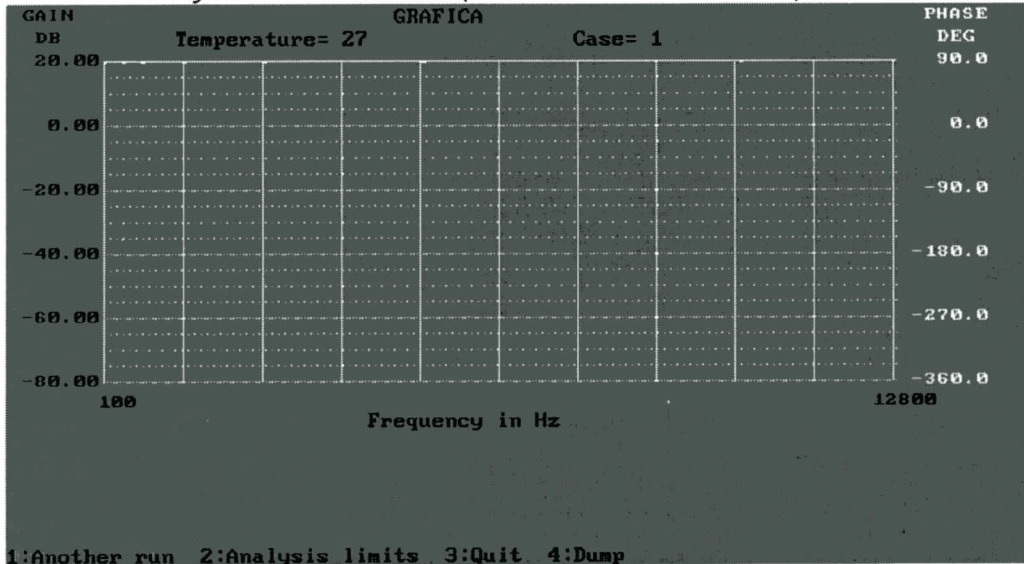
Gráfica de Fase vs. frecuencia (frecuencia en escala lineal).



- Observar simultáneamente las gráficas de Ganancia vs. frecuencia y Fase vs. frecuencia.



Gráficas de Ganancia y Fase vs. frecuencia (frecuencia en escala lineal).

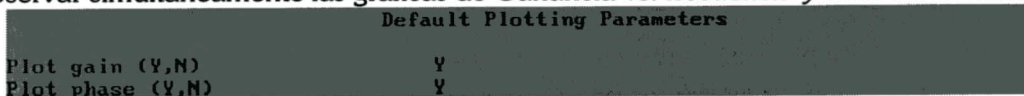


Si se requiere de escala **logarítmica** en el eje horizontal de la gráfica, entonces se deben elegir valores de frecuencia, de manera tal que la relación o cociente entre el límite superior y el límite inferior del rango de frecuencia debe ser igual una potencia de diez. por ejemplo.

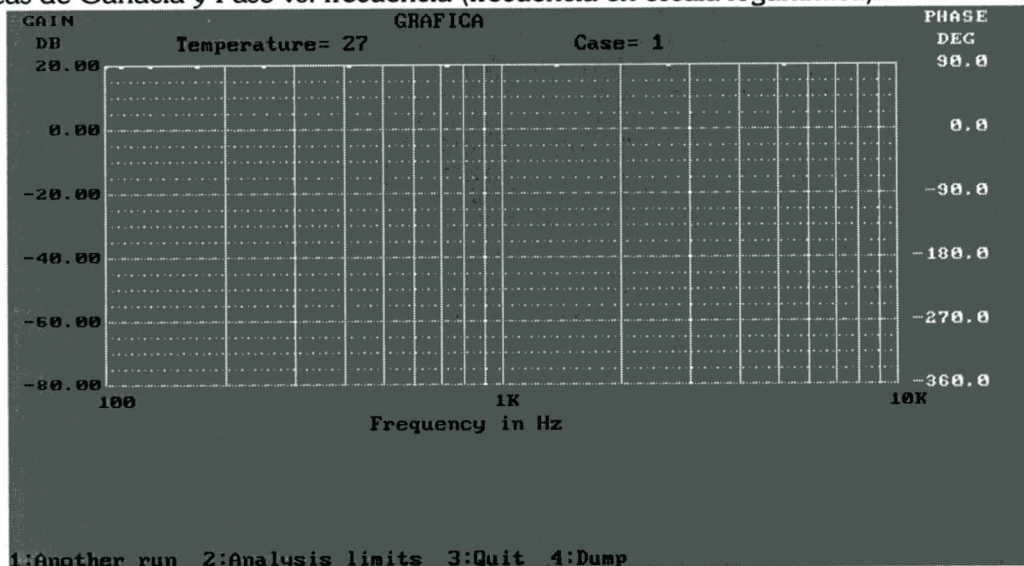
Lowest Frequency 100 Hz
 Highest Frequency 10 KHz

$$\frac{10000}{100} = 100 = 1E2$$

- Observar simultáneamente las gráficas de Ganancia vs. frecuencia y Fase vs. frecuencia.

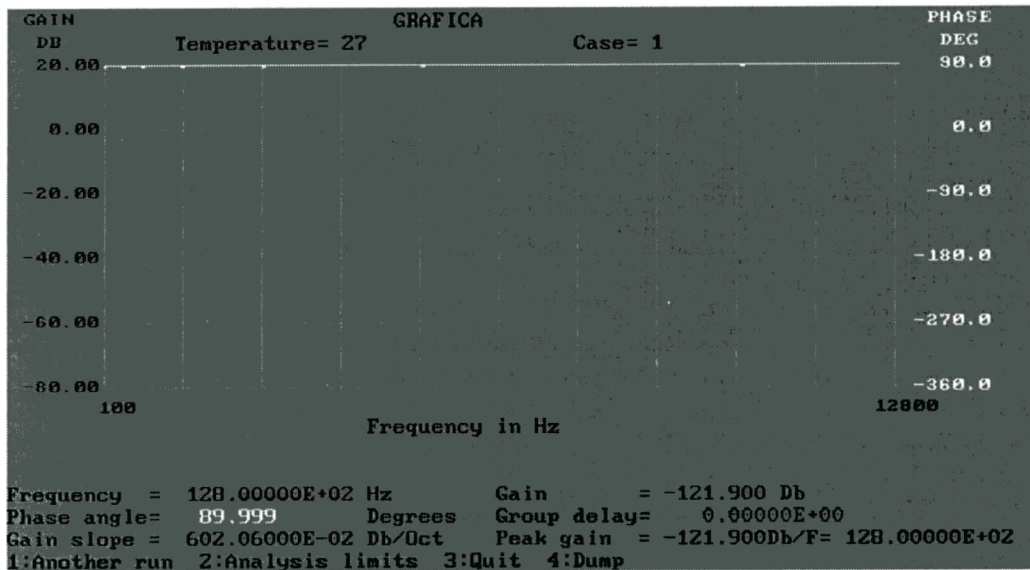


Gráficas de Ganancia y Fase vs. frecuencia (frecuencia en escala logarítmica).



Sin rejillas o divisiones en los ejes horizontal y vertical, mostrando los datos en pantalla

```
Default Plotting Parameters
Plot gain (Y,N)           Y
Plot phase (Y,N)         Y
Plot group delay (Y,N)   N
Plot tokens (Y,N)        Y
Plot Y-axis minor grids (Y,N) N
Plot frequency minor grids (Y,N) N
Print numbers on screen (Y,N) Y
Double width plot (Y,N)  N
```



En el menú inferior tenemos 4 opciones

1:Another run 2:Analysis limits 3:Quit 4:Dump

- 1: Another run Permite cambiar los límites para graficar nuevamente
- 2: Analysis Limits
- 3: Quit Salir hacia la pantalla de dibujo
- 4: Dump Para imprimir las gráficas elegir la opción

- Para imprimir las gráficas

Teclear **4**

Large(L) or Small(S) scale

Elegir el tamaño de la gráfica

L Large=grande (1 página tamaño carta) o **S** Small=pequeño (1/4 página tamaño carta)

Enter optional title?

Proporcionar el nombre de la gráfica.

NOTA: Cuando la impresora no está conectada o encendida envía el siguiente mensaje:

Error...Can't write file LPT1: Press any key

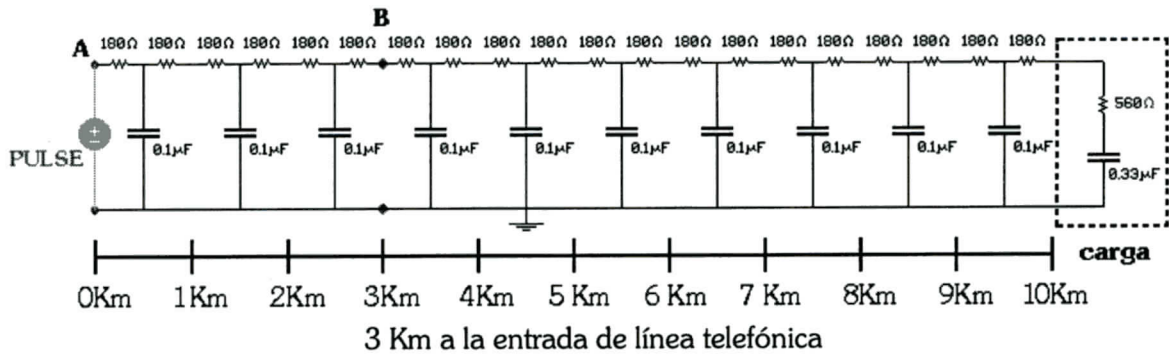
Teclear ESC , revisar la impresora este en línea, así como el puerto al cual está conectada.

DESARROLLO

EXPERIMENTO 1 y 2

Obtener la gráfica de la respuesta a la frecuencia de la línea telefónica
Obtener la gráfica de fase vs. frecuencia de la línea telefónica

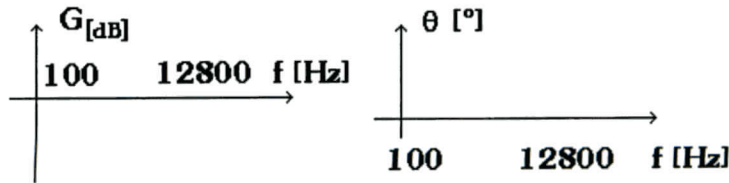
Dibujar en Microcap II el siguiente circuito:



Nodo de entrada en el punto **A**, a la entrada de la línea.

Nodo de salida en el punto **B**, a 3 Km de la entrada de la línea.

Obtener las gráficas de Ganancia vs. frecuencia y Fase(o Defasamiento) vs. frecuencia para los primeros 3 Km de línea.



Comparar el resultado del funcionamiento teórico para los 3 Km de línea, obtenido por medio del paquete, con las gráficas del experimento 1 de la práctica #1.

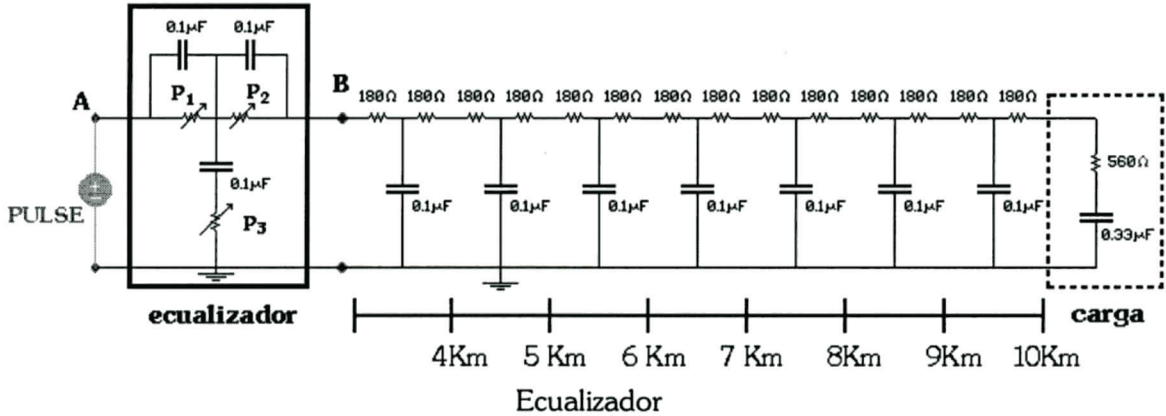
CONCLUSIONES

DESARROLLO

EXPERIMENTO 3 y 4

Obtener la gráfica de la respuesta a la frecuencia del ecualizador
Obtener la gráfica de fase vs. frecuencia del ecualizador

Dibujar en Microcap II el siguiente circuito:

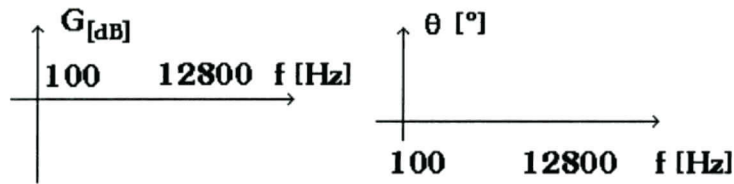


NOTA: los valores de los potenciómetros deben ser iguales a la práctica 2

Nodo de entrada en el punto **A**, a la entrada del ecualizador.

Nodo de salida en el punto **B**, a la salida del ecualizador.

Obtener las gráficas de Ganancia vs. frecuencia y Fase(o Defasamiento) vs. frecuencia para el ecualizador.



Comparar el resultado del funcionamiento teórico para el ecualizador, obtenido por medio del paquete, con las gráficas del experimento 3 de la práctica #2.

CONCLUSIONES

NOTAS

PRACTICA #4

ONDA ESTACIONARIA EN UN CABLE COAXIAL RANURADO

CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

SWR

CORTO CIRCUITO

CIRCUITO ABIERTO

IMPEDANCIA CARACTERISTICA

Investigar :

LA NOMENCLATURA Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES COAXIALES

¿Porqué existe cable coaxial de 50 Ω y de 75 Ω ?

INTRODUCCIÓN

La relación de onda estacionaria S W R se calcula para cada tipo de carga. En particular los parámetros de voltaje son de mayor interés, entonces se le llama relación de onda estacionaria de voltaje (VSWR).

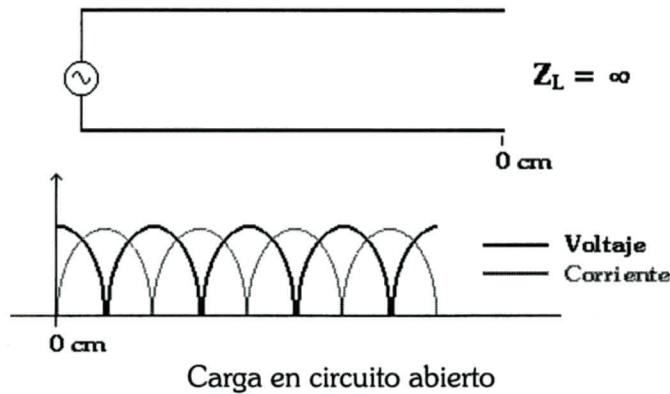
CARGA		RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA
Circuito abierto	$Z_L = \infty$	VSRW = ∞
Corto circuito	$Z_L = 0$	VSRW = ∞
Carga igual a la impedancia característica	$Z_L = Z_0$	VSWR = 1
Carga diferente a la impedancia característica	$Z_L \neq Z_0$	VSWR $\neq 1$

Si conectamos un generador a una línea y ésta no está terminada en el otro extremo, sino que se deja abierta, la señal proveniente del generador llega al extremo final de la línea y en ausencia de una carga que absorba la energía, dicha señal es reflejada.

Así que a lo largo de la línea se encuentran una onda directa (o incidente) y una onda que retrocede hacia el generador (o reflejada). Conforme la señal reflejada regresa hacia el generador, en cada punto a lo largo de la línea se superponen la onda incidente y la reflejada. En algunos puntos se suman las ondas y en otros se restan debido a sus fases relativas. Este efecto de adición y cancelación forman la onda estacionaria de las gráficas siguientes.

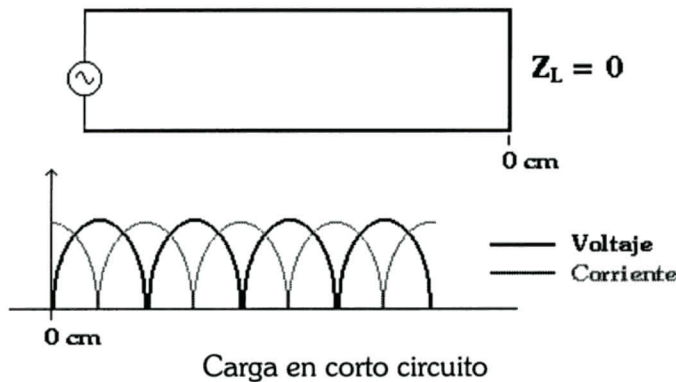
De aquí en adelante se considerará que la línea no tiene pérdidas.

Como se observa en la gráfica, la señal en el extremo abierto es un punto de corriente cero con voltaje máximo.



Un línea terminada en corto circuito representa también una carga que no consume energía. Como en el caso anterior, la señal proveniente del generador llega al extremo final de la línea y en ausencia de una carga que absorba la energía, dicha señal es reflejada.

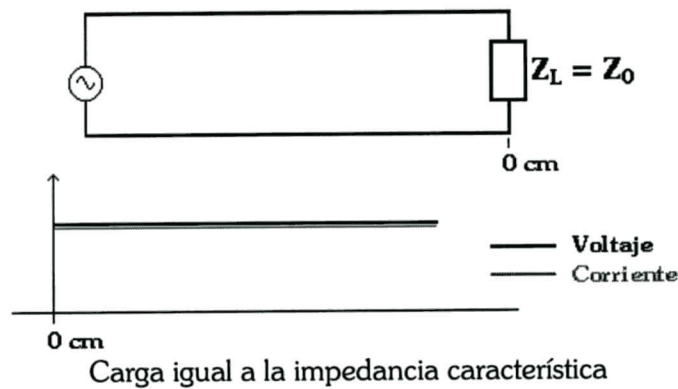
Como se observa en la gráfica, la señal en el extremo en corto es un punto de voltaje cero con corriente máxima.



En las ambas gráficas, carga en circuito abierto y carga en corto circuito, se debe observar que los máximos (o antinodos) de voltaje coinciden con los mínimos (o nodos) de corriente y viceversa.

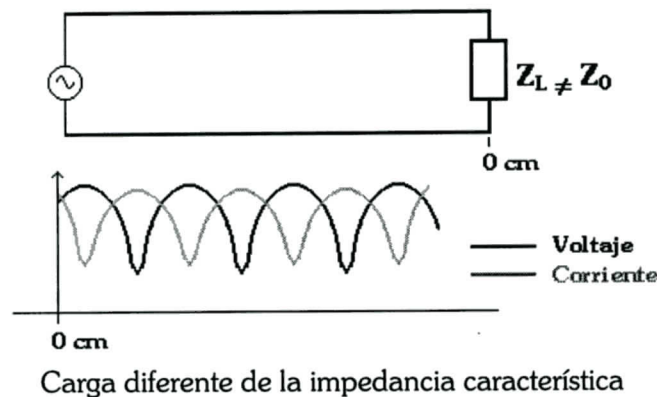
Para el caso de una línea terminada en una carga igual a la impedancia característica, se tendrá la máxima transferencia de potencia de la línea hacia la carga; es decir, las impedancias están acopladas.

Así, la señal proveniente del generador llega al extremo final de la línea y la carga absorbe toda la energía; entonces no existe onda reflejada; por lo tanto no habrá onda estacionaria ni pérdidas por radiación.



Para el caso de una línea terminada en una carga cualquiera, que no sea nula ni infinita ni Z_0 , la señal proveniente del generador llega al extremo final de la línea y la carga absorbe parte de la energía, entonces otra parte de la señal es reflejada; por lo tanto habrá onda estacionaria y la transferencia de energía no será máxima.

Como se observa en la gráfica, la señal en el extremo de la carga no es un voltaje (o corriente) mínimo ni máximo. Además es importante hacer notar que los mínimos (o nodos) no llegan a tener una amplitud nula.



En el mundo real existen líneas de transmisión de longitud finita con pérdidas. Para esta práctica las pérdidas se considerarán despreciables.

OBJETIVOS

- Entender el concepto de onda estacionaria.
- Comprender el comportamiento de la onda estacionaria a través de la línea, para diferentes tipos de carga.
- Conocer el cuidado y funcionamiento del equipo con que se dispone en el laboratorio a fin de hacer un uso adecuado y obtener las lecturas necesarias, como por ejemplo con el osciloscopio de 2 GHz.

EXPERIMENTOS

- 1.- Obtener experimentalmente la onda estacionaria para un cable coaxial terminado en corto circuito.
- 2.- Obtener experimentalmente la onda estacionaria para un cable coaxial terminado en circuito abierto.
- 3.- Obtener experimentalmente la onda estacionaria para un cable coaxial terminado en su impedancia característica.
- 4.- Obtener experimentalmente la onda estacionaria para un cable coaxial terminado en una carga diferente a su impedancia característica.

EQUIPO

(VER ESQUEMAS)

- 1 Osciloscopio Digital de doble trazo PHILLIPS MODELO: PM 3340 2 GHz.
- 1 Punta de prueba (o de atenuación) PHILLIPS MODELO: PM 88943A 550ps risetime.
 - Relación 1:1 MAX \pm 42V 1M Ω // 3.5pF
 - Relación 10:1 MAX \pm 200V 1M Ω // 2.4pF
 - Relación 100:1 MAX \pm 200V 1M Ω // 1.4pF

EQUIPO GENERAL RADIO COMPANY (GR CO.)

- 1 Fuente de Poder Regulada GR CO. MODELO: 1267-B.
- 1 Oscilador UHF GR CO. MODELO: 1362 220-920 MHz.
- 1 Cable coaxial ranurado con detector GR CO. MODELO: 874-LBB 300 MHz - 9 GHz.
- 1 Montaje para componentes GR CO. MODELO: 874 ML

Cargas :

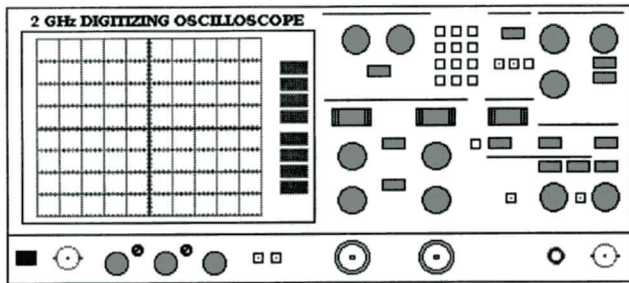
- Corto Circuito GR CO. MODELO: 874 WN3.
- Circuito Abierto GR CO. MODELO: 874 WO3.
- Carga de 50 Ω GR CO. MODELO: Gs 1602 P4.
- Carga desconocida (dentro del montaje para componentes)

Cables :

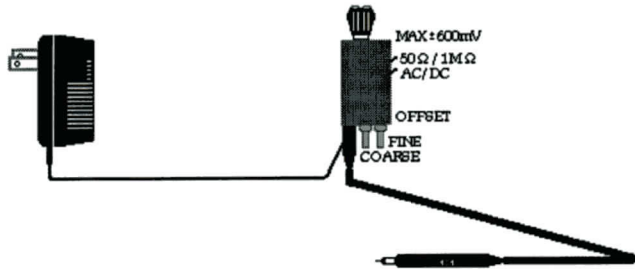
- GR CO. MODELO: 8267 RG-213/U 70903 FR-1.
- GR CO. MODELO: 874 R22LA.

Adaptadores :

- General Radio a BNC-hembra GR CO. MODELO: 874 QBJA
(a la salida del detector del cable coaxial ranurado)
- N-macho a BNC-hembra
(entre el osciloscopio y la punta de prueba)
- Punta de prueba a BNC-macho
(entre la punta de prueba y el adaptador General Radio a BNC-hembra)



Osciloscopio Digital de doble trazo PHILLIPS
 MODELO: PM 3340 2 GHz



- Relación 1:1 MAX ± 42V 1MΩ // 3.5pF
 - Relación 10:1 MAX ± 200V 1MΩ // 2.4pF
 - Relación 100:1 MAX ± 200V 1MΩ // 1.4pF
- Punta de prueba (o de atenuación) PHILLIPS
 MODELO: PM 88943A 550ps risetime

Adaptadores



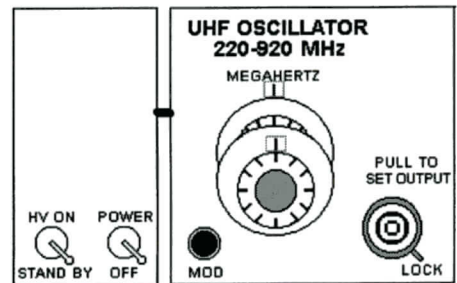
General Radio a BNC-hembra
 GR CO. MODELO: 874 QBJA
 (a la salida del detector del coaxial ranurado)



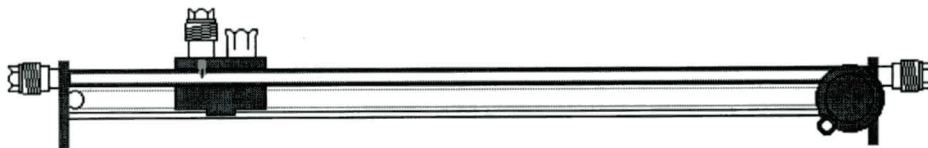
N-macho a BNC-hembra
 (entre el osciloscopio y la punta de prueba)



Punta de prueba a BNC-macho
 (entre la punta de prueba y el adaptador General Radio a BNC-hembra)



Fuente de Poder Regulada MODELO: 1267-B
 Oscilador UHF GR CO. MODELO: 1362
 220-920 MHz



Cable coaxial ranurado con detector GR CO. MODELO: 874-LBB 300 MHz - 9 GHz

Cargas



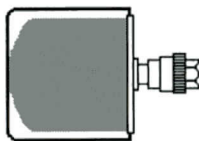
• Corto Circuito
 GR CO. MODELO: 874 WN3



• Carga de 50 Ω
 GR CO. MODELO: Gs 1602 P4

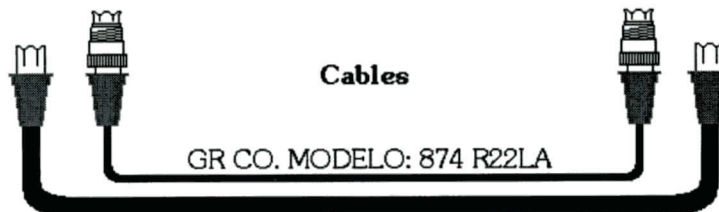


• Circuito Abierto
 GR CO. MODELO: 874 WO3



Montaje para componentes
 GR CO. MODELO: 874 ML
 • Carga desconocida

Cables

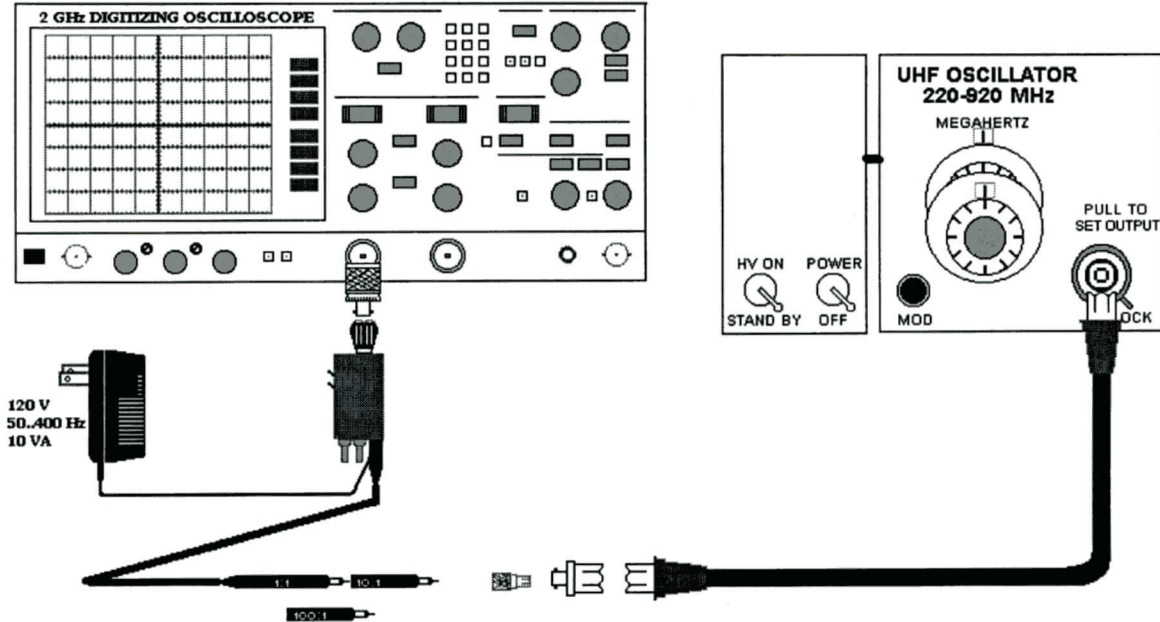


GR CO. MODELO: 874 R22LA
 GR CO. MODELO: 8267 RG-213/U 70903 FR-1

DESARROLLO

**Conexión de adaptadores y punta de prueba.
Sintonización del oscilador UHF.**

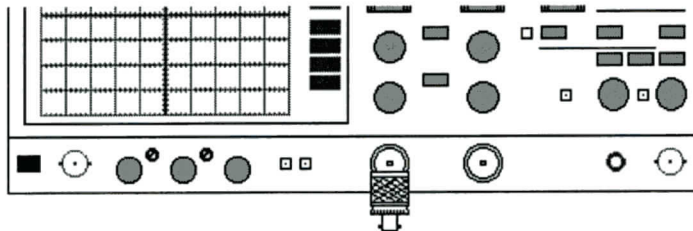
DIAGRAMA DE CONEXIONES



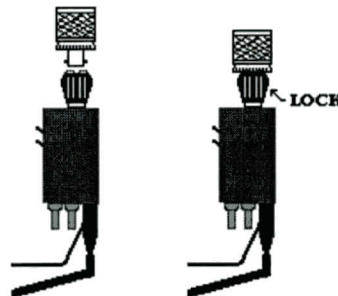
PROCEDIMIENTO

CONECTAR ADAPTADORES Y PUNTA DE PRUEBA :

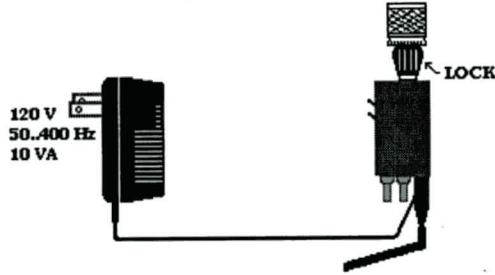
1) Colocar en el canal A del osciloscopio el adaptador N-macho a BNC-hembra.



2) Conectar en el adaptador la punta de prueba y sujetarla con el seguro LOCK(no soltar hasta que este fija).



3) Conectar a la línea de 120 V la fuente que alimentará a la punta de prueba.



4) Conectar el adaptador de la punta de prueba a BNC-macho con el adaptador BNC-hembra a General Radio, y después al cable General Radio que conecta al oscilador.



(ADAPTADORES : punta de prueba a BNC-macho y BNC-hembra a General Radio)

4) Conectar *cuidadosamente* la punta de prueba de relación 1:1 con el adaptador de la punta de prueba.



CONECTAR Y SINTONIZAR EL OSCILADOR UHF :

- La Fuente de Poder Regulada que alimenta al oscilador debe permanecer un mínimo de 5 minutos en **STAND BY** y **POWER** en **ON**.

Encender el oscilador cambiando el switch de STAND BY a **HV ON** (HIGH VOLTAGE).
 Obtener del oscilador una señal senoidal a 900 MHz.
 Medir en el osciloscopio el período de la señal (para verificar la frecuencia).
 De ser necesario ajuste la frecuencia del oscilador (perilla de fino).

NOTA :

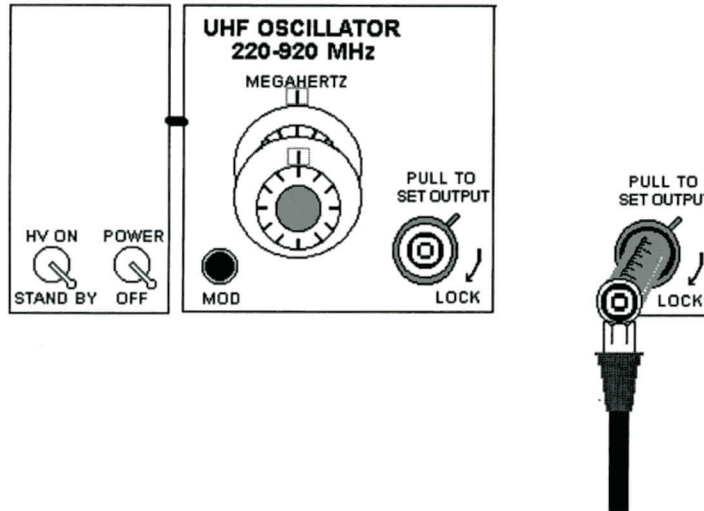
Si la amplitud de la señal que proporciona el generador es demasiado grande aún para la máxima escala de amplitud con que cuenta del osciloscopio, conecte la punta de atenuación de relación 10:1, en cascada con la punta de prueba que tiene relación 1:1.



Si no es suficiente, cambie la punta de atenuación de relación 10:1 por la de 100:1, recuerde conectar en cascada.



Otra opción es atenuando la salida del oscilador, primero girando a contra reloj el seguro **LOCK** y después atenuar la salida (desde 0 hasta 80 dB, graduado cada 5 dB).



IMPORTANTE :

La amplitud de la señal que proporciona el oscilador solamente se atenúa para medir **correctamente la frecuencia** de dicha señal, por lo tanto una vez sintonizado **NO CAMBIAR LA FRECUENCIA** durante todos los experimentos de la práctica.

DESARROLLO

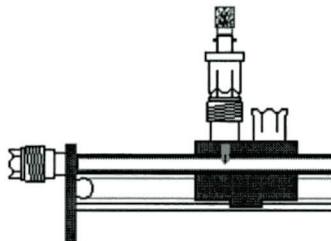
EXPERIMENTO 1

Obtener la onda estacionaria para un cable coaxial terminado en CORTO CIRCUITO

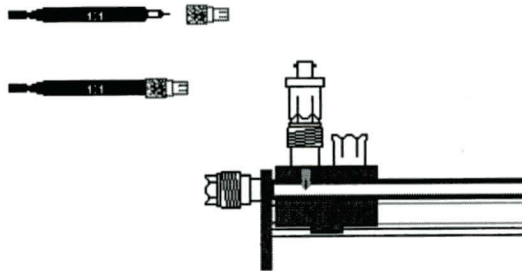
PROCEDIMIENTO

Todo el equipo debe APAGARSE, mientras se cambia la conexión para cada experimento: el Osciloscopio y la Fuente de Poder Regulada (**STAND BY** y **POWER** en **OFF**)

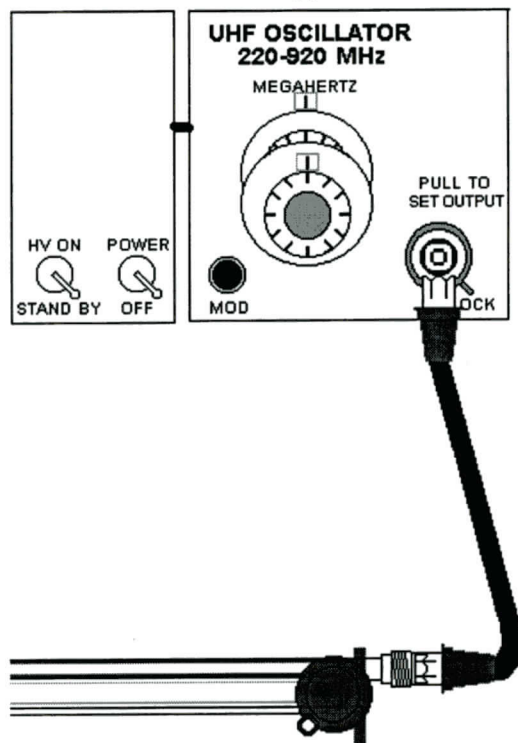
1) Desconectar los adaptadores unidos al cable General Radio y conectarlos a la salida del detector del cable coaxial ranurado.



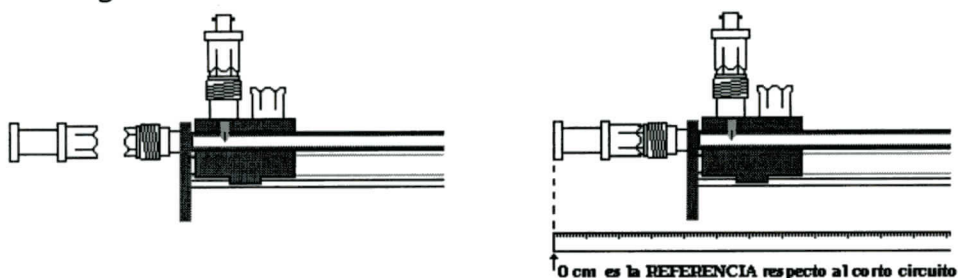
2) A fin de evitar que la punta de prueba se dañe conviene dejarla unida al adaptador de la punta de prueba a BNC-macho. Y así medir en el osciloscopio la señal que viaja por el cable coaxial ranurado.



3) Conectar el oscilador al cable coaxial ranurado, por medio del cable General Radio (8267).

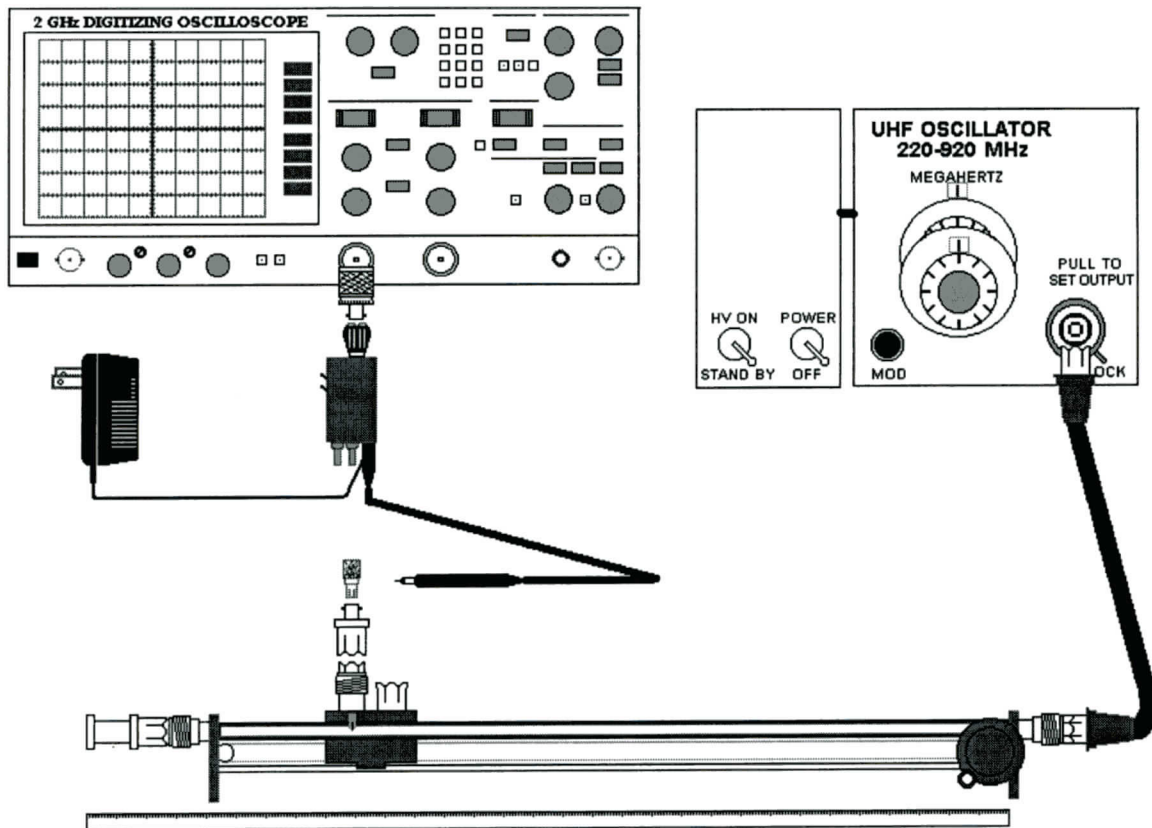


4) Colocar la carga de corto circuito en el otro extremo del cable coaxial ranurado.



IMPORTANTE :Para medir las distancias no se utilizará la cinta métrica que viene con el cable coaxial ranurado sino que se utilizará una cinta cuyo cero se hará coincidir con la posición del corto circuito.
La REFERENCIA de 0 cm NO SE CAMBIARÁ referencia durante toda la práctica.

DIAGRAMA DE CONEXIONES



Revisar todas las conexiones.

Encender el osciloscopio.

Encender la fuente de poder regulada (HV ON y POWER ON).

Las distancias se medirán con respecto a la referencia de 0 cm

Colocar el detector hasta el extremo izquierdo del cable coaxial ranurado.

Tomar la primera lectura de voltaje y anotarla en la **Tabla 1**.

Deslizar el detector del cable coaxial de izquierda a derecha hasta encontrar la distancia a la cual está el primer mínimo de voltaje.

Localizar a qué distancias se encuentran los demás mínimos de voltaje.

Localizar de una manera aproximada a qué distancias se encuentran los máximos de voltaje.

Anotar los datos en la **Tabla 1**.

Colocar el detector hasta la derecha del cable coaxial ranurado.

Tomar la última lectura de voltaje y anotarla en la **Tabla 1**.

Calcular la distancia entre dos mínimos.

Calcular la distancia entre dos máximos.

DESARROLLO

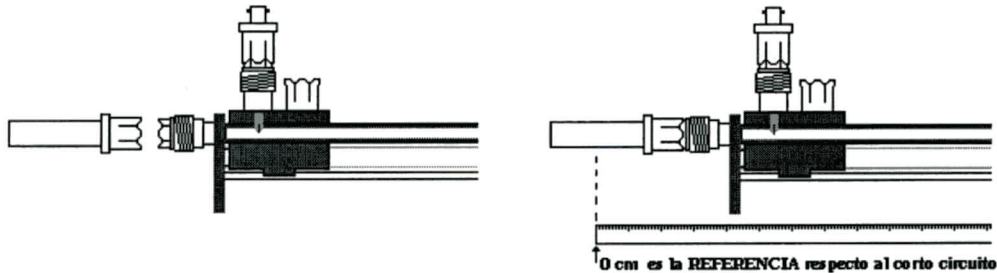
EXPERIMENTO 2

Obtener la onda estacionaria para un cable coaxial
terminado en CIRCUITO ABIERTO.

PROCEDIMIENTO

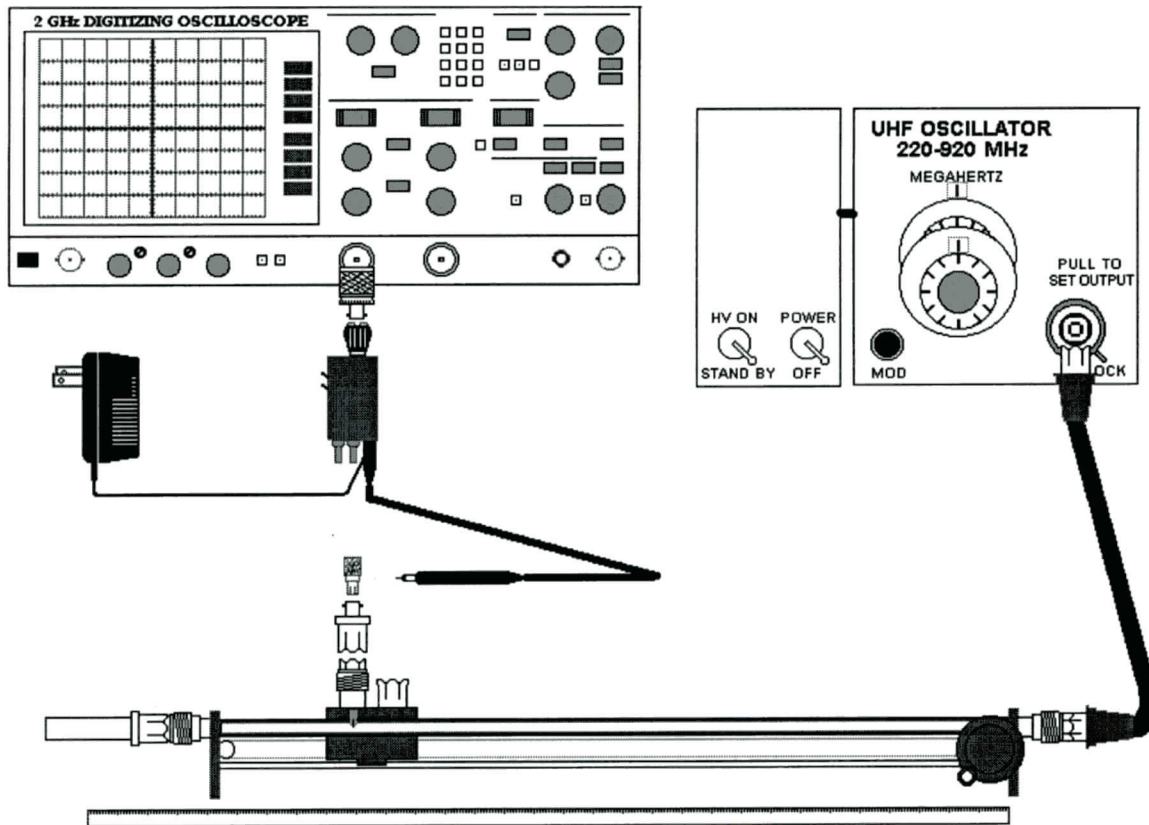
Todo el equipo debe APAGARSE, mientras se cambia la conexión para cada experimento:
el Osciloscopio y la Fuente de Poder Regulada (**STAND BY** y **POWER** en **OFF**)

1) Cambiar la carga de corto circuito por la de circuito abierto.



Recordar : la REFERENCIA de 0 cm se considerará para el CORTO CIRCUITO.
NO SE CAMBIARÁ dicha referencia aún cuando la carga cambie

DIAGRAMA DE CONEXIONES



Revisar todas las conexiones.
Encender el osciloscopio.
Encender la fuente de poder regulada (HV **ON** y POWER **ON**).
Colocar el detector hasta la izquierda del cable coaxial ranurado.

Las distancias se medirán con respecto a la referencia de 0 cm

Tomar la primera lectura de voltaje y anotarla en la **Tabla 2**.
Deslizar el detector del cable coaxial de izquierda a derecha hasta encontrar la distancia a la cual está el primer mínimo de voltaje.
Localizar a qué distancias se encuentran los demás mínimos de voltaje.
Localizar de una manera aproximada a qué distancias se encuentran los máximos de voltaje.
Anotar los datos en la **Tabla 2**.
Colocar el detector hasta la derecha del cable coaxial ranurado.
Tomar la última lectura de voltaje y anotarla en la **Tabla 2**.
Calcular la distancia entre dos mínimos.
Calcular la distancia entre dos máximos.

TABLA 2 CARGA EN CIRCUITO ABIERTO

RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA DE VOLTAJE (VSWR)		
LECTURA	VOLTAJE [V _{pp}]	DISTANCIA d [cm]
primera lectura		
primer mínimo de voltaje		
segundo mínimo de voltaje		
tercer mínimo de voltaje		
cuarto mínimo de voltaje		
primer máximo de voltaje		
segundo máximo de voltaje		
tercer máximo de voltaje		
cuarto máximo de voltaje		
ultima lectura		

Graficar la onda estacionaria para una frecuencia de 900 MHz y el cable coaxial ranurado terminado en circuito abierto.

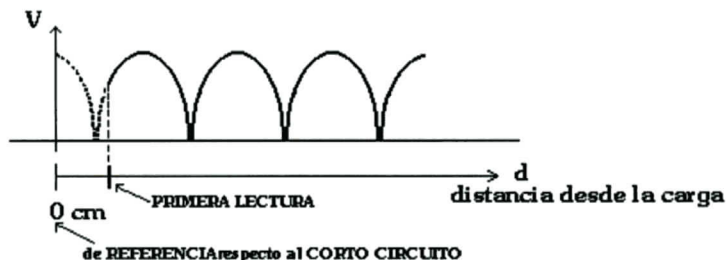
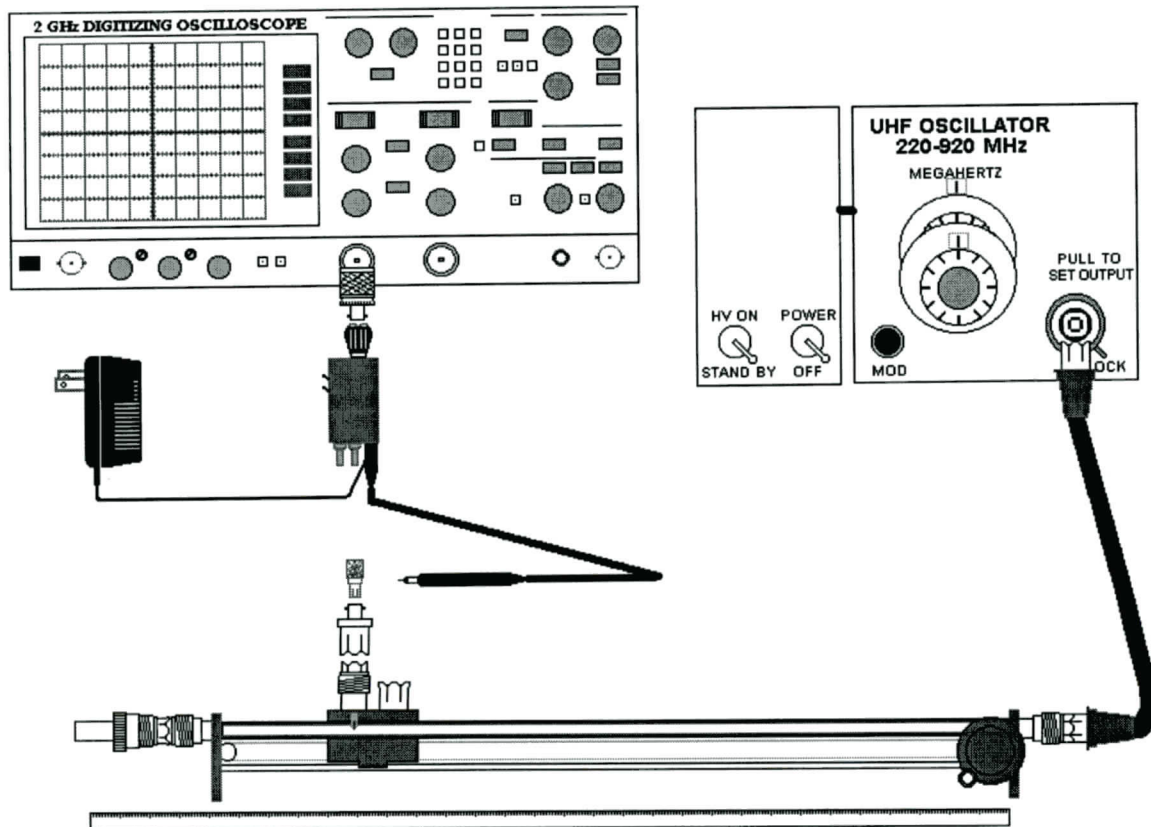


DIAGRAMA DE CONEXIONES



Revisar todas las conexiones.

Encender el osciloscopio.

Encender la fuente de poder regulada (HV ON y POWER ON).

Colocar el detector hasta la izquierda del cable coaxial ranurado.

Las distancias se medirán con respecto a la referencia de 0 cm

Tomar la primera lectura de voltaje y anotarla en la **Tabla 3**.

Deslizar el detector del cable coaxial de izquierda a derecha hasta encontrar la distancia a la cual está el primer mínimo de voltaje.

Localizar a qué distancias se encuentran los demás mínimos de voltaje.

Localizar de una manera aproximada a qué distancias se encuentran los máximos de voltaje.

Anotar los datos en la **Tabla 3**.

Colocar el detector hasta la derecha del cable coaxial ranurado.

Tomar la última lectura de voltaje y anotarla en la **Tabla 3**.

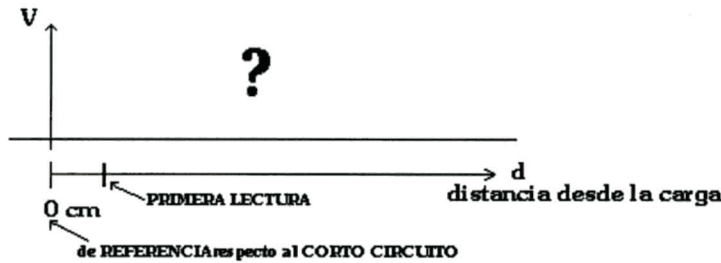
Calcular la distancia entre dos mínimos.

Calcular la distancia entre dos máximos.

TABLA 3 CARGA IGUAL A LA IMPEDANCIA CARACTERISTICA

RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA DE VOLTAJE (VSWR)		
LECTURA	VOLTAJE [V_{pp}]	DISTANCIA d [cm]
primera lectura		
primer mínimo de voltaje		
segundo mínimo de voltaje		
primer máximo de voltaje		
segundo máximo de voltaje		
ultima lectura		

Graficar la onda estacionaria para una frecuencia de 900 MHz y el cable coaxial ranurado con una carga igual a la de su impedancia característica



CONCLUSIONES

DESARROLLO

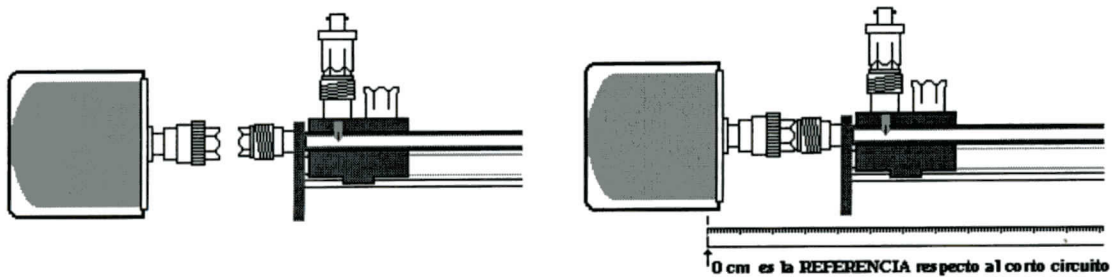
EXPERIMENTO 4

Obtener la onda estacionaria para un cable coaxial terminado en una carga diferente a su IMPEDANCIA CARACTERISTICA.

PROCEDIMIENTO

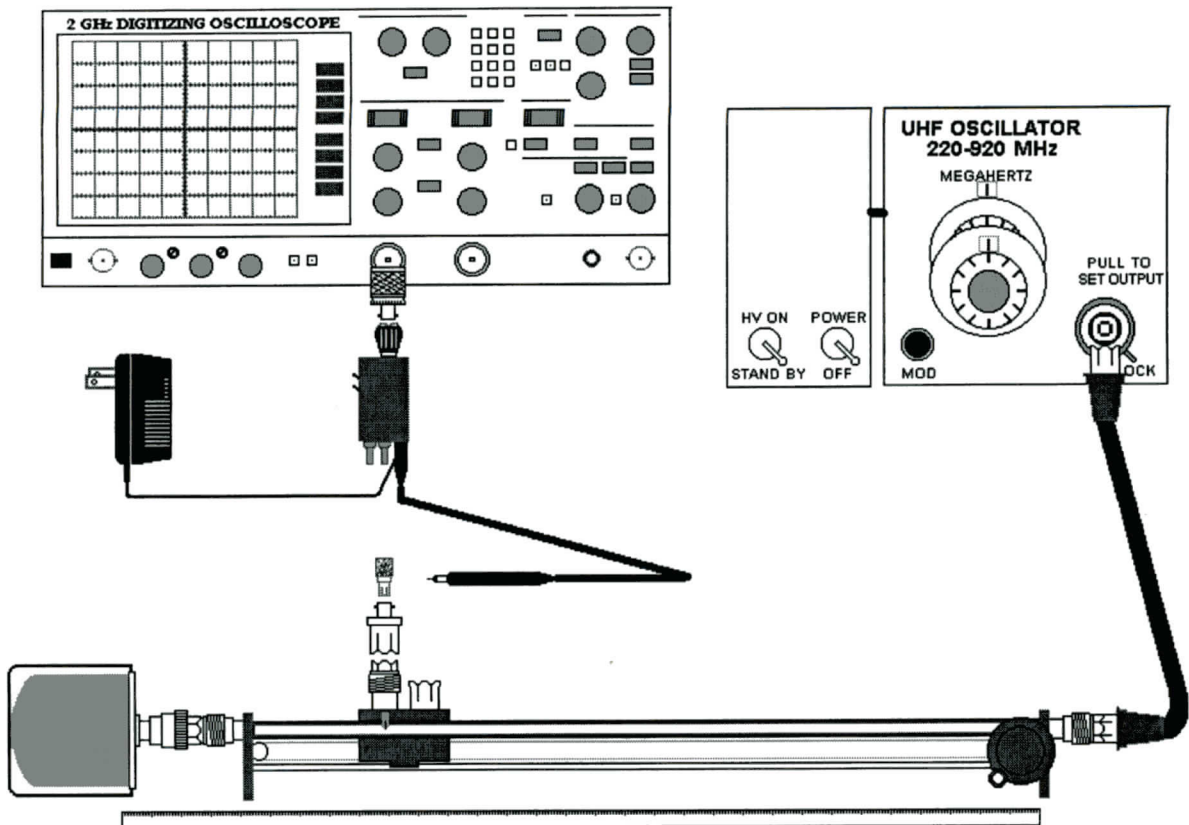
Todo el equipo debe APAGARSE, mientras se cambia la conexión para cada experimento: el Osciloscopio y la Fuente de Poder Regulada (**STAND BY** y **POWER** en **OFF**)

1) Cambiar la carga de 50Ω por una carga desconocida.



Recordar : la REFERENCIA de 0 cm se considerará para el CORTO CIRCUITO. NO SE CAMBIARÁ dicha referencia aún cuando la carga cambie.

DIAGRAMA DE CONEXIONES



- Revisar todas las conexiones.
- Encender el osciloscopio.
- Encender la fuente de poder regulada (HV **ON** y POWER **ON**).
- Colocar el detector hasta la izquierda del cable coaxial ranurado.

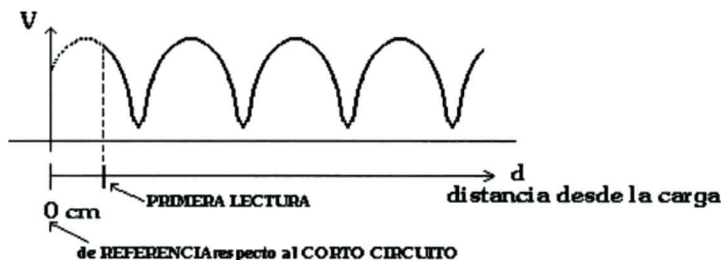
Las distancias se medirán con respecto a la referencia de 0 cm

- Tomar la primera lectura de voltaje y anotarla en la **Tabla 4**.
- Deslizar el detector del cable coaxial de izquierda a derecha hasta encontrar la distancia a la cual está el primer mínimo de voltaje.
- Localizar a qué distancias se encuentran los demás mínimos de voltaje.
- Localizar de una manera aproximada a qué distancias se encuentran los máximos de voltaje.
- Anotar los datos en la **Tabla 4**.
- Colocar el detector hasta la derecha del cable coaxial ranurado.
- Tomar la última lectura de voltaje y anotarla en la **Tabla 4**.
- Calcular la distancia entre dos mínimos.
- Calcular la distancia entre dos máximos.

TABLA 4 CARGA DESCONOCIDA

RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA DE VOLTAJE (VSWR)		
LECTURA	VOLTAJE [V_{pp}]	DISTANCIA d [cm]
primera lectura		
primer mínimo de voltaje		
segundo mínimo de voltaje		
tercer mínimo de voltaje		
cuarto mínimo de voltaje		
primer máximo de voltaje		
segundo máximo de voltaje		
tercer máximo de voltaje		
cuarto máximo de voltaje		
ultima lectura		

Graficar la onda estacionaria para una frecuencia de 900 MHz y el cable coaxial ranurado con una carga desconocida, por lo tanto diferente a su impedancia característica.



CONCLUSIONES

NOTA :

Es muy importante que las lecturas medidas en el experimento anterior estén completamente identificadas para gráficarlas adecuadamente, *si existen dudas se debe de consultar la práctica #5.*

A partir de dicha gráfica se obtendrán los datos para calcular la carga utilizando la carta de Smith.

NOTAS

PRACTICA #5 CARTA DE SMITH

CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

ACOPLAMIENTO DE IMPEDANCIAS
COEFICIENTE DE REFLEXIÓN
ADMITANCIA
REACTANCIA
SUCEPTANCIA

Investigar :

Además de la carta de Smith, ¿Qué otras gráficas existen para resolver problemas de líneas de transmisión?

INTRODUCCIÓN

Los problemas sobre líneas de transmisión se pueden resolver utilizando ecuaciones, pero en muchas ocasiones éstas exigen una gran cantidad de cálculos algebraicos, y entonces encontrar la solución resulta laborioso y lento. Para simplificar el número de cálculos se han desarrollado diversos métodos gráficos, el más utilizado y difundido es la Carta de Smith, llamada así en honor a P.H. Smith.

En el Apéndice B existe una descripción de la Carta de Smith.

Cuando la carga conectada a una línea es diferente a su impedancia característica, observamos que la onda estacionaria no permanece constante, además los mínimos no son iguales a cero (como en los casos de circuito abierto o corto circuito), entonces dicha impedancia de carga puede tener valor : real, imaginario o complejo.

A partir de la gráfica de onda estacionaria podemos obtener algunos datos como son :

- El VSWR (Voltage Standing Wave Ratio = Relación de onda estacionaria de voltaje),
- La longitud de onda de manera experimental,

y así determinar con ayuda de la Carta de Smith el valor de la impedancia en en cualquier punto de la línea, inclusive en la carga.

Para cualquier línea, una misma carga puede representar diferentes valores de impedancia; es decir, los valores de su resistencia y su reactancia (inductiva o capacitiva) dependen de la frecuencia que tenga la señal que viaja por dicha línea, y por lo tanto, *la curva de onda estacionaria es diferente para cada frecuencia.*

La presencia de una onda estacionaria, es producto de una desadaptación entre la línea y la carga. Esto puede tener efectos indeseables sobre la propia línea o interferir en el funcionamiento del generador, incluso llegar a dañarlo. Por lo tanto se deben tomar medidas para que el SWR sea lo más cercano a la unidad , evitando o reduciendo la onda reflejada hacia el generador.

Una solución consiste en utilizar un STUB, el cual está formado por un tramo de línea terminado en un corto circuito conectado en paralelo a un punto cercano al extremo de la línea donde se encuentra la carga, con la finalidad de acoplar impedancias.

En el método de acoplamiento con un STUB, se deben determinar 2 distancias:

- **a** es la distancia del STUB a la carga,
- **b** es la longitud del STUB.

OBJETIVOS

- Utilizar la gráfica de onda estacionaria para determinar el valor de la carga conectada a una línea.
- Conocer la utilidad de la Carta de Smith para calcular parámetros.
- Entender el manejo de la Carta de Smith.

EXPERIMENTOS

- 1.- Calcular el valor de la impedancia conectada a la línea.
- 2.- Calcular el acoplamiento de impedancias mediante adaptación de una sección de línea (Stub).

MATERIAL

Cartas de Smith.
1 Calculadora.
1 Compás.
1 Regla.
1 Goma.

Lápices de colores.

DESARROLLO

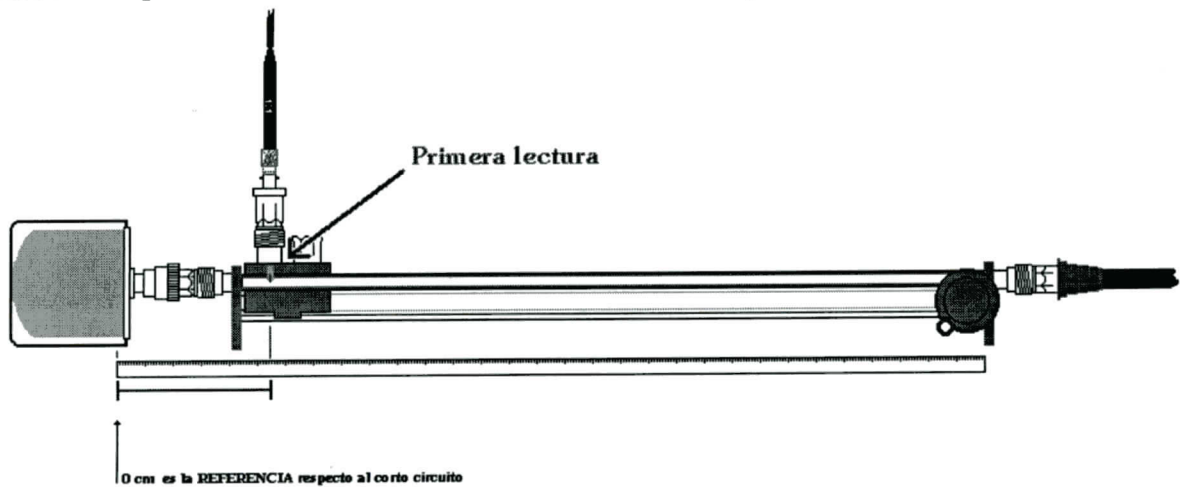
EXPERIMENTO 1

**Calcular el valor de la impedancia desconocida
(línea terminada en una carga diferente a su IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA.)**

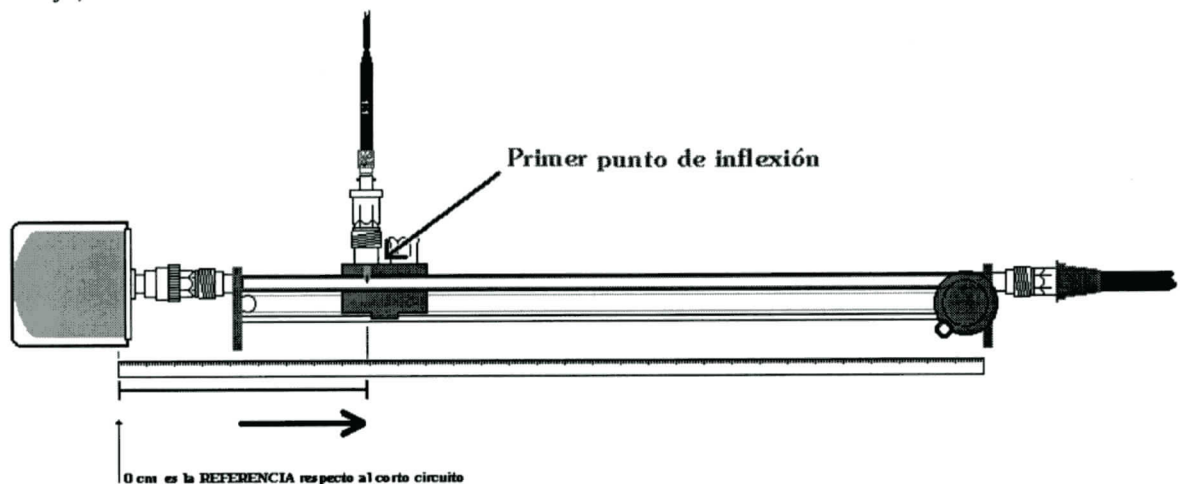
PROCEDIMIENTO

Con los datos obtenidos en la tabla 4 (práctica #4 experimento 4) trazar la gráfica de onda estacionaria de un cable coaxial ranurado terminado con carga desconocida para una frecuencia de 900 MHz, considerando que el cable tiene una $Z_0 = 50 \Omega$.

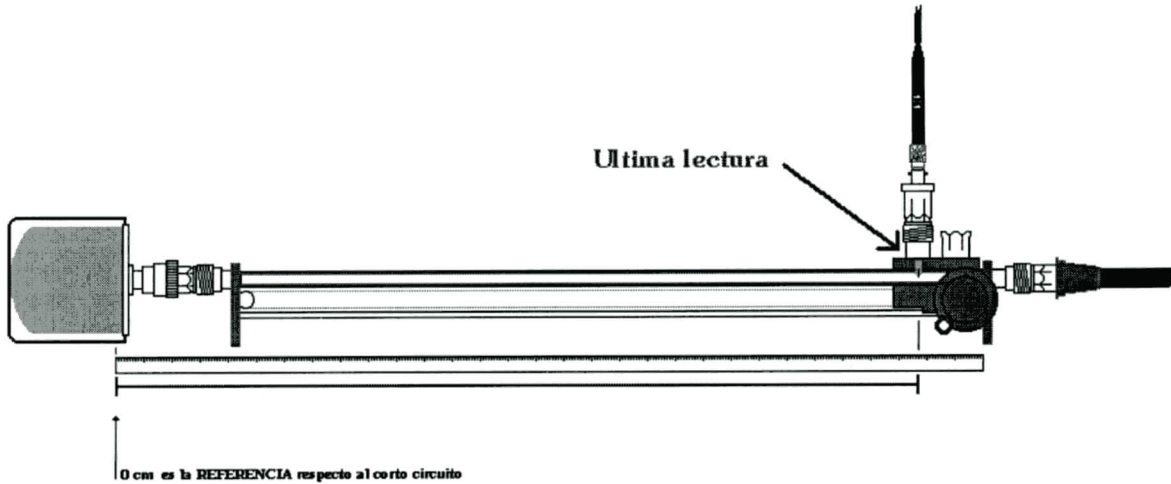
Colocar el detector hasta el extremo izquierdo del cable coaxial ranurado (hacia la carga). Tomar la primera lectura de voltaje, así como su distancia con respecto a la referencia.
Recordar que la referencia de 0 cm. se consideró respecto al corto.



Deslizar el detector del cable coaxial de izquierda a derecha hasta encontrar la distancia con respecto a la referencia en la cual está el primer punto de inflexión (mínimo o máximo de voltaje)



Colocar el detector hasta el extremo derecho del cable coaxial ranurado (hacia el generador).
 Tomar la última lectura de voltaje, así como su distancia con respecto a la referencia



Graficar la onda estacionaria para una señal con una frecuencia de 900 MHz en un cable coaxial ranurado con una carga desconocida y diferente a su impedancia característica.

Los puntos más importantes a graficar son: la primera lectura de voltaje, así como el primer punto de inflexión (mínimo o máximo de voltaje).

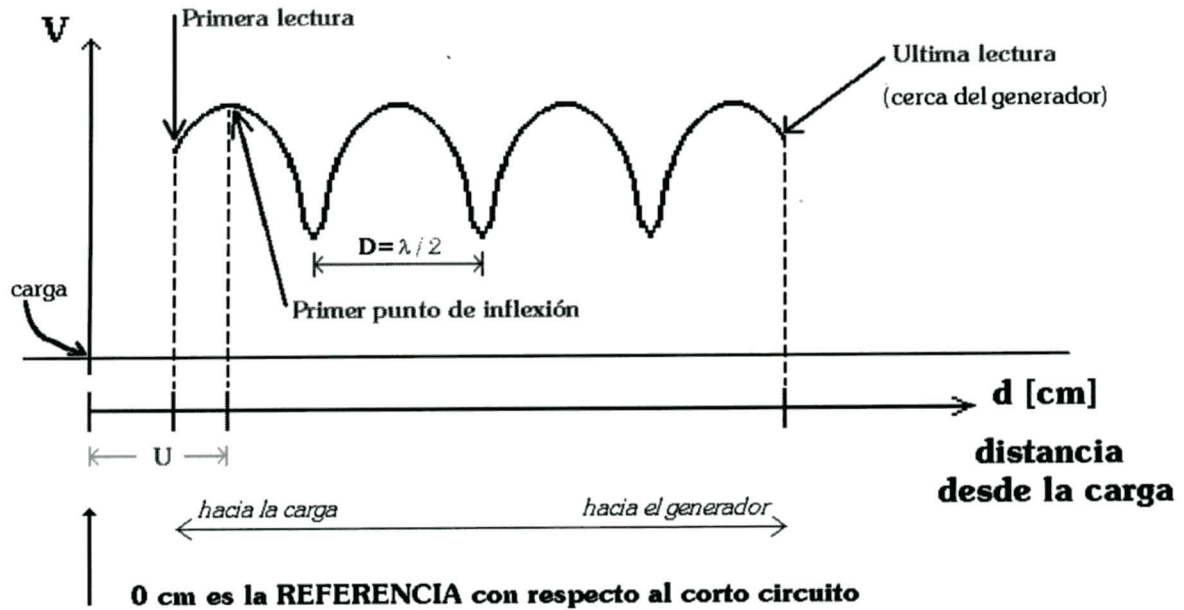
TABLA CARGA DESCONOCIDA

RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA DE VOLTAJE (VSWR)

LECTURA	VOLTAJE [V _{pp}]	DISTANCIA d [cm]
primera lectura		
primer máximo de voltaje		
primer mínimo de voltaje		
segundo máximo de voltaje		
segundo mínimo de voltaje		
tercer máximo de voltaje		
tercer mínimo de voltaje		
cuarto máximo de voltaje		
cuarto mínimo de voltaje		
última lectura		

- Calcular la distancia entre dos mínimos.
- Calcular la distancia entre dos máximos.
- Calcular la distancia entre un mínimo y un máximo.
- Calcular la distancia entre un máximo y un mínimo.

De acuerdo con los datos de la tabla anterior, se obtendría una gráfica similar a la siguiente :



De la gráfica podemos obtener de manera experimental $\lambda = 2 D$, la longitud de onda.

Verificar que la distancia entre mínimos es $D = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2f}$

donde :

c = velocidad de la luz , aproximadamente 3×10^8 [m/s],

f = frecuencia de la señal que viaja a través de la línea [Hz]

Completar la curva extrapolándola hasta la carga.

- Si la distancia de la carga hasta el primer mínimo consignado es mayor que la distancia entre mínimos, significa que la parte de la línea (cercana a la carga) en la cual no se exploró la onda estacionaria , existe un mínimo que debe ser graficado.

Medir en la gráfica de la onda estacionaria la distancia (en cm) desde la carga hasta el mínimo más cercano , que llamaremos "U".

Normalizar la U dividiéndola entre $\lambda = 2 D$: $U_n = \frac{U}{2D}$

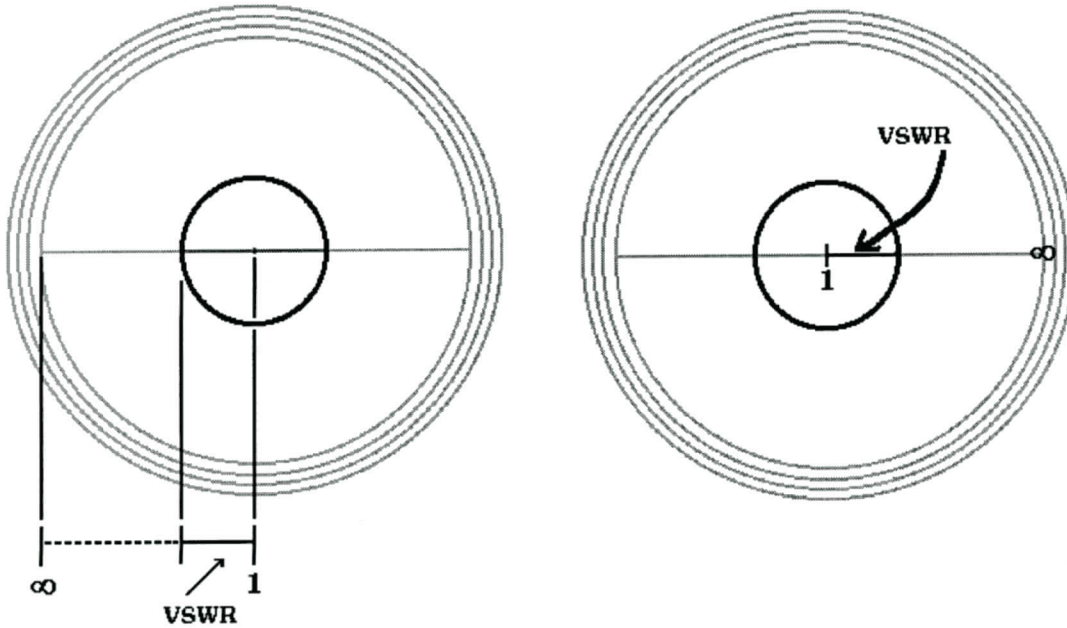
Calcular :

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}}$$

Sobre la carta de Smith realiza los siguientes pasos :

1.- Trazar una circunferencia con radio igual al VSWR.

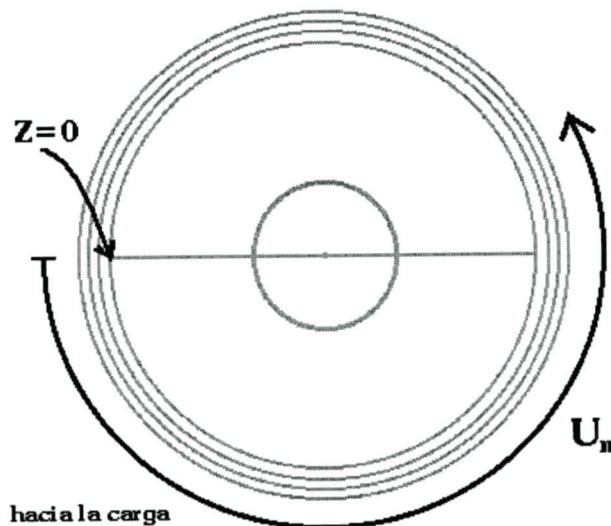
Cabe hacer notar que la circunferencia trazada es el lugar geométrico de todos los valores de impedancia de la línea, inclusive la carga.



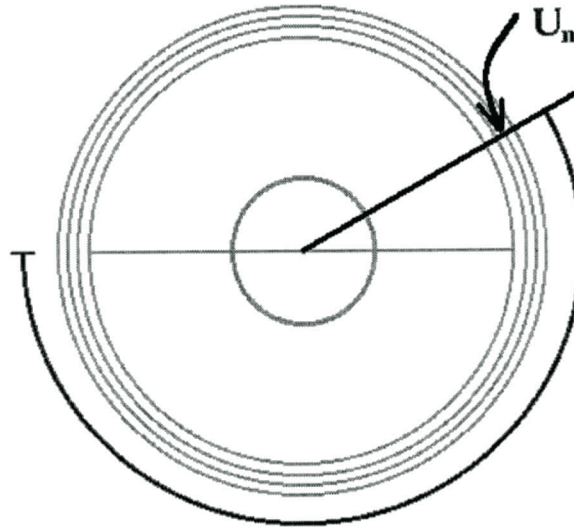
El VSWR se puede medir en :

- la escala radial de onda estacionaria ubicada abajo de la Carta en la esquina inferior izquierda. Utilizar la escala inferior Razon de voltaje (desde 1 a ∞), no emplear la escala superior en dB (de 0 a ∞).
- la parte derecha de la línea de resistencia pura (desde 1 a ∞), la cual coincide con el VSWR.

2.-Recorrer a partir de $Z=0$ en dirección hacia la carga (a contra-reloj) la distancia U_n .



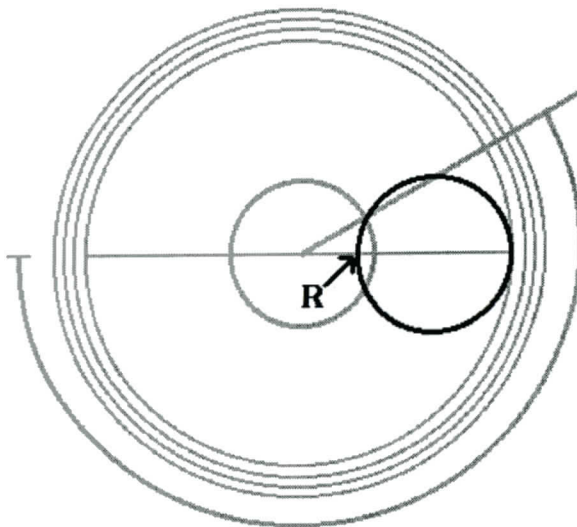
3.- Trazar un radio que cruce la circunferencia del VSWR hasta localizar el punto U_n .



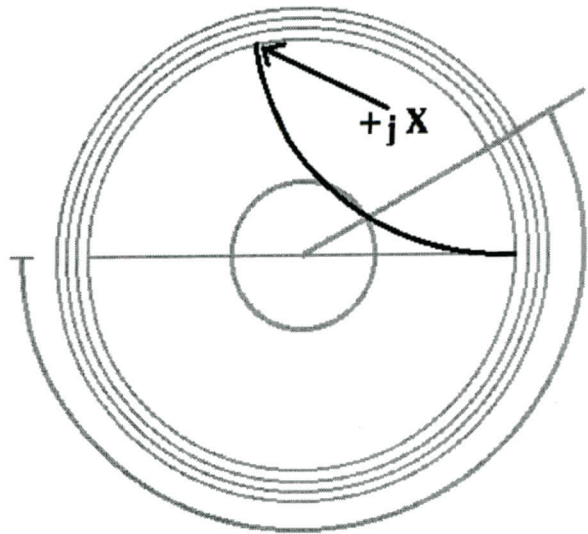
4.- Localizar el punto de intersección entre la circunferencia de VSWR y el radio que pasa por U_n , el cual es igual a la impedancia de carga de la línea. Su valor hasta ahora desconocido se puede leer fácilmente de la carta :

en la circunferencia \Rightarrow el valor de la resistencia o parte real
 que cruza la línea de resistencia pura

en los arcos \Rightarrow el valor de la reactancia o parte imaginaria.
 que cruzan el perímetro exterior



Resistencia (R)

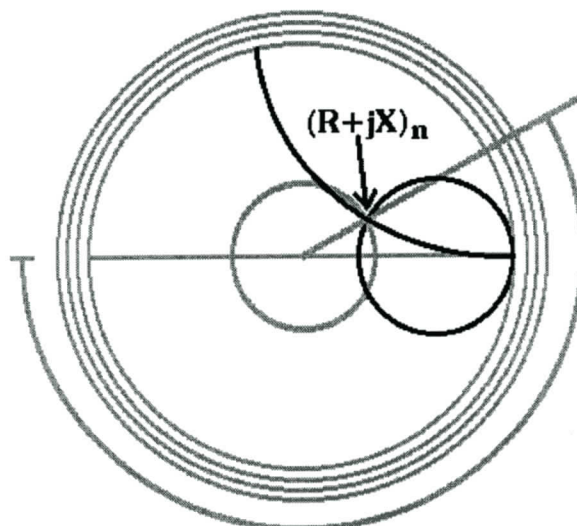


Reactancia Inductiva ($+jX$)

Recordar que:

En la mitad superior de la carta se representan valores *positivos de reactancia*, es decir, Reactancias Inductivas. ($+jX$)

Los valores de impedancia están normalizados

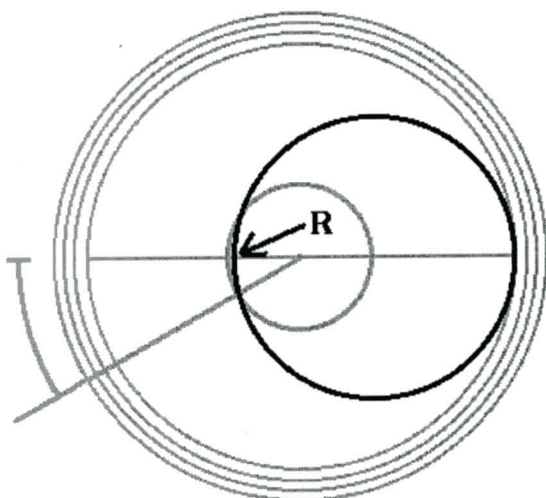


Impedancia Normalizada $(R + jX)_n$

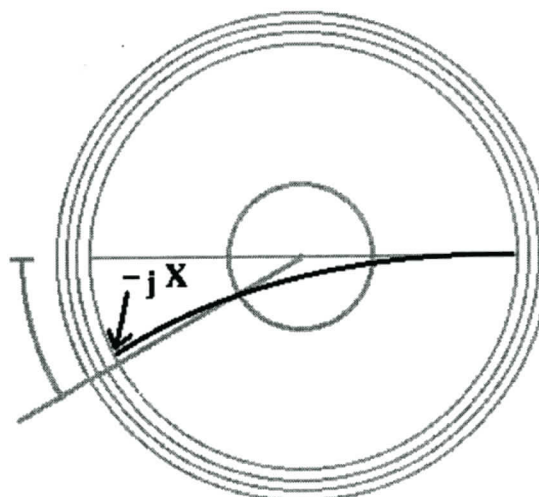
5.- La impedancia leída en la carta está normalizada, entonces se debe multiplicar por la impedancia característica de la línea para obtener su valor.

$$Z_L = (R \pm jX)_n * Z_0$$

El \pm del valor imaginario se debe a que existe otro caso :



Resistencia (R)

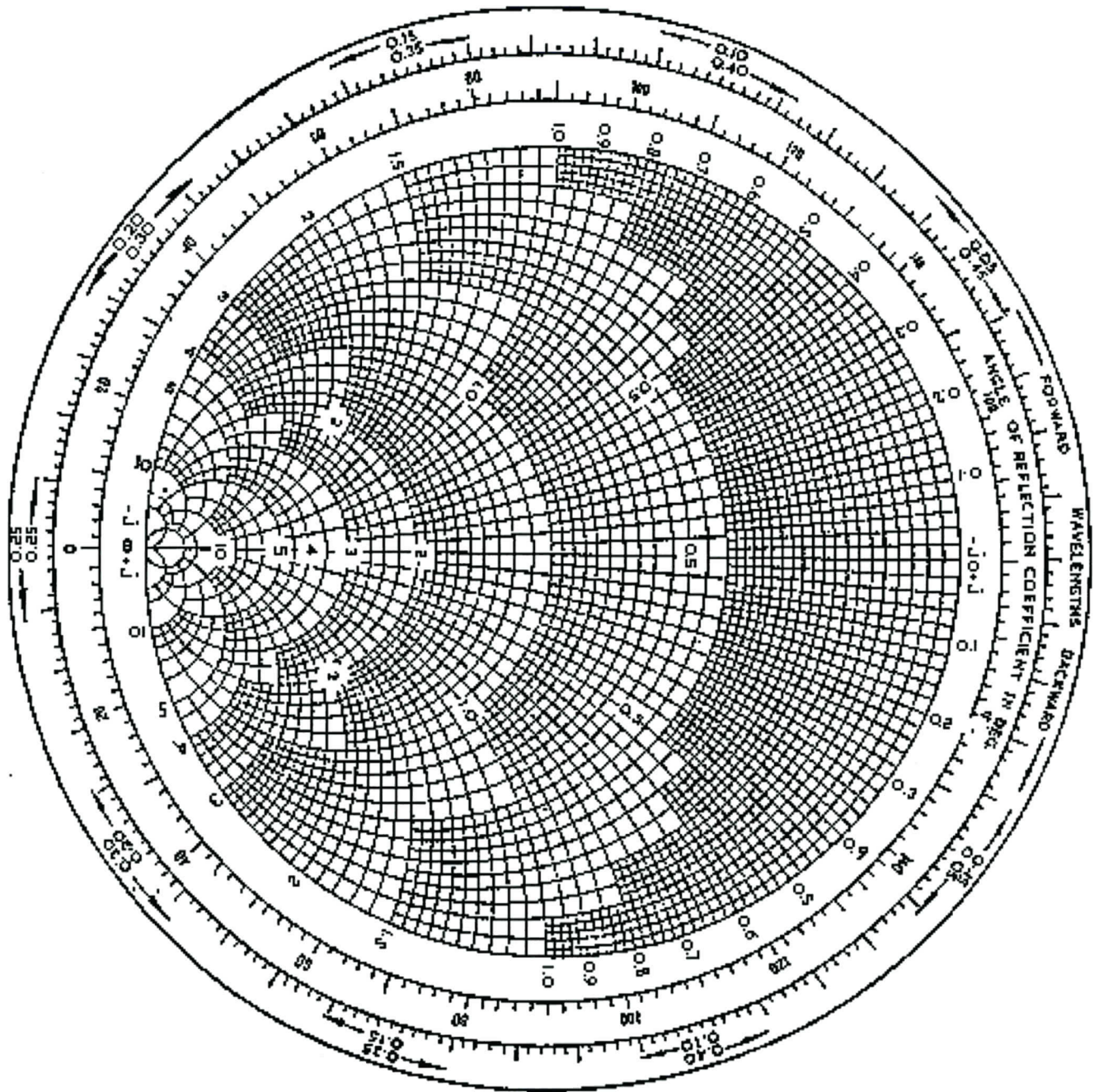


Reactancia Capacitiva $(-jX)$

Recordar que:

En la mitad inferior de la carta se representan valores *negativos de reactancia*, es decir, Reactancias Capacitivas. $(-jX)$

Los valores de impedancia están normalizados



Carta de Smith

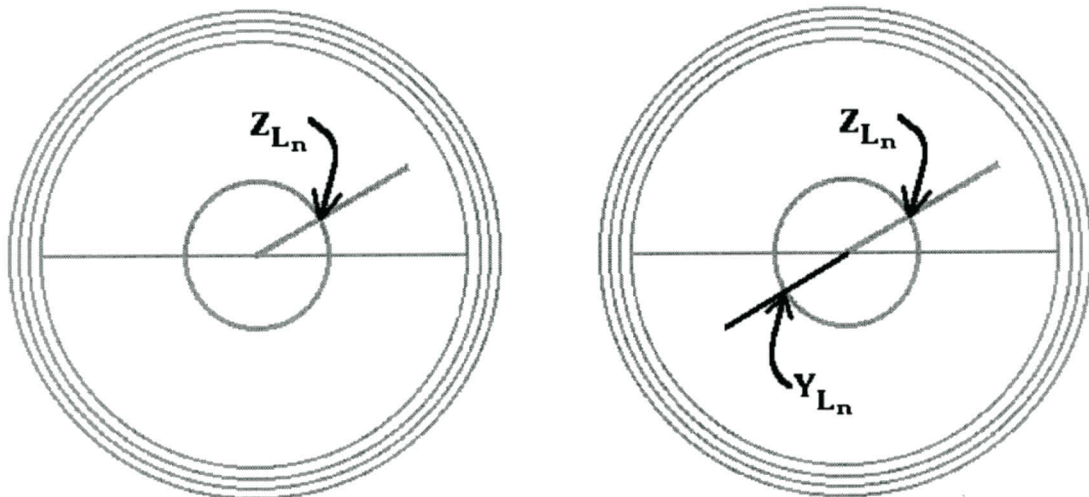
DESARROLLO

EXPERIMENTO 2

Calcular el acoplamiento de impedancias mediante una sección de línea (STUB simple)

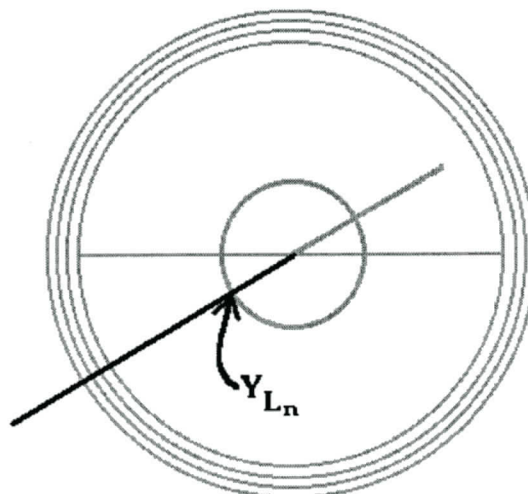
PROCEDIMIENTO

1.- Conociendo el valor de la impedancia de carga, es sencillo localizar en la carta la admitancia de carga. Esto es, sobre la circunferencia de radio igual a VSWR recorrer 180°, es decir, Y_L está en dirección diametralmente opuesta a donde se encuentra Z_L .

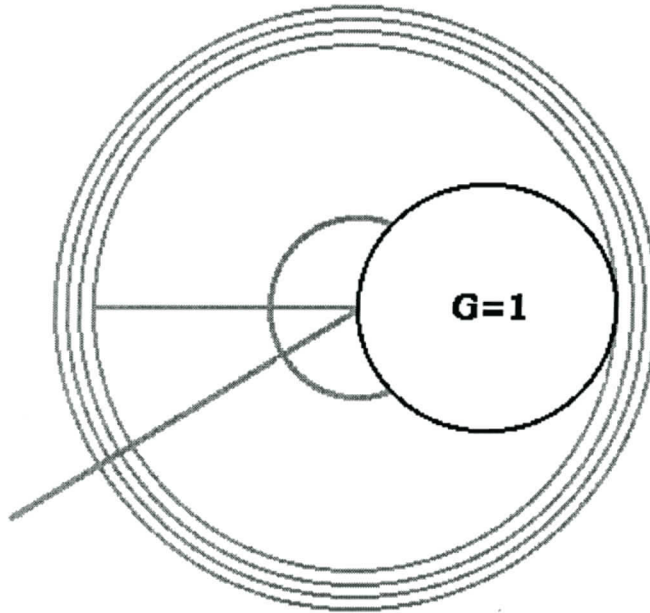


NOTA : Puesto que se utiliza una sección de línea en corto circuito conectada en paralelo, es más conveniente realizar los cálculos en admitancias.

2.- Trazar un radio que pase por Y_L , y prolongar la línea hasta salir de la carta.



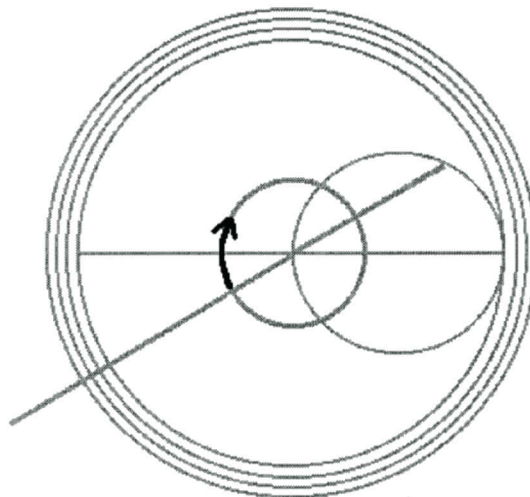
3.- Localizar la circunferencia de Conductancia $G = 1$ (o Resistencia = 1).



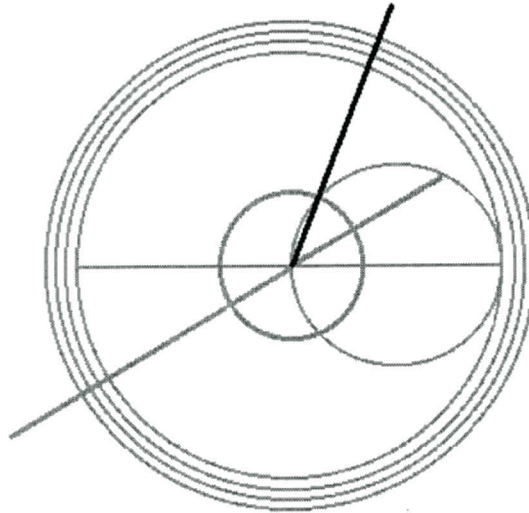
$$\text{Porque } R = \frac{1}{G} ;$$

$$\text{Si } G = 1 \text{ entonces } R = 1$$

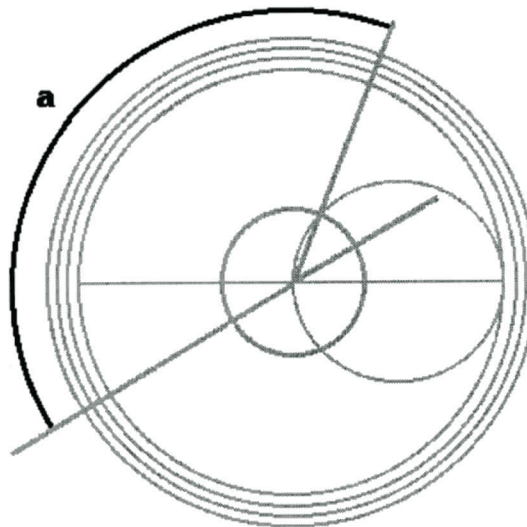
4.- Sobre la circunferencia de radio igual al VSWR desplazarse, desde Y_L y en dirección hacia el generador (a reloj) hasta encontrar la intersección con la circunferencia de $G=1$.



5.- Trazar un radio que pase por el punto de intersección entre las circunferencias de VSWR y $G=1$, y prolongar la línea hasta salir de la carta.

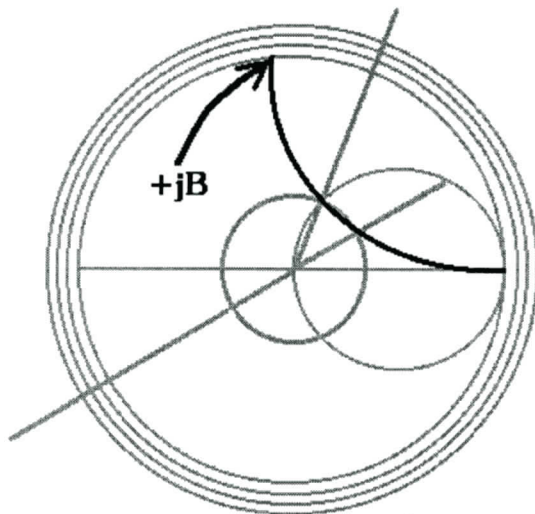


6.- Medir en la escala de longitudes de onda la distancia entre Y_L y el radio anteriormente trazado, encontrando así \underline{a} : la distancia entre el STUB y la carga.

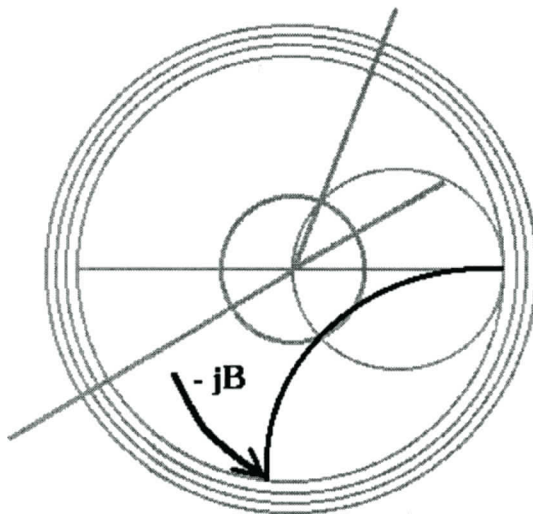


7.- Se desnormaliza la longitud de \underline{a} multiplicando por λ , para obtener \underline{a} en [cm].

8.- En el cruce de las dos circunferencias, medir el valor del arco correspondiente a la Suceptancia B.



9.- Localizar el conjugado de dicha susceptancia, sobre perímetro de la carta.



- Si la susceptancia es $+jB$, entonces localizar $-jB$.
- Si la susceptancia es $-jB$, entonces localizar $+jB$.

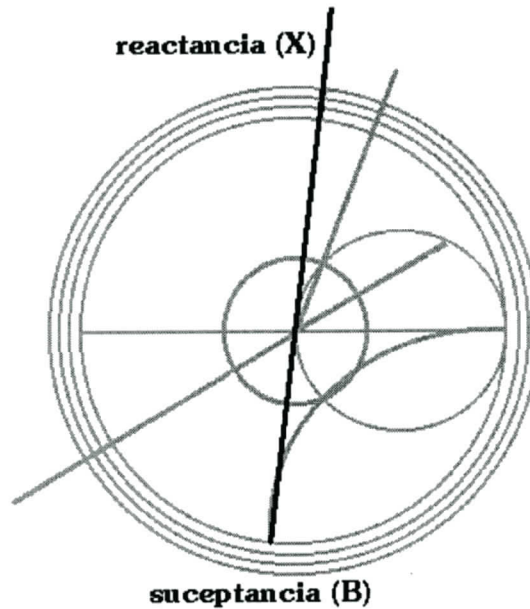
Recordar que:

En la mitad superior de la carta se representan valores *positivos de susceptancia* ($+jB$)

En la mitad inferior de la carta se representan valores *negativos de susceptancia* ($-jB$)

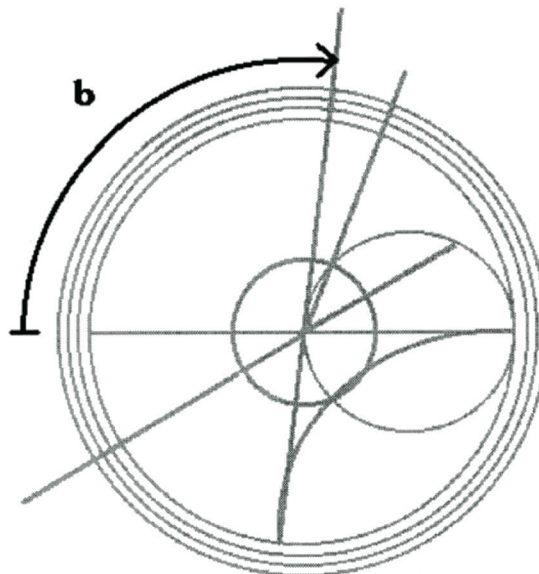
Los valores de admitancia están normalizados

10.- Trazar un diámetro que cruce por la susceptancia anteriormente localizada, a fin de encontrar su correspondiente Reactancia, es decir, X está en dirección diametralmente opuesta a donde se encuentra B. Prolongar la línea hasta salir de la carta.



NOTA : Ahora es más conveniente realizar los cálculos en impedancias.

11.- Recorrer en dirección hacia el generador (a reloj) la distancia desde $Z=0$ (ó $Y=\infty$) hasta la X localizada anteriormente, encontrando así **b** : la longitud del STUB.



12.- Se desnormaliza la longitud de **b** multiplicando por λ , para obtener **b** en [cm].

NOTAS

PRACTICA #6 ACOPLAMIENTO CON UN STUB PARA CABLE COAXIAL

CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

NORMALIZAR
ACOPLAMIENTO DE IMPEDANCIAS
STUB

Investigar :

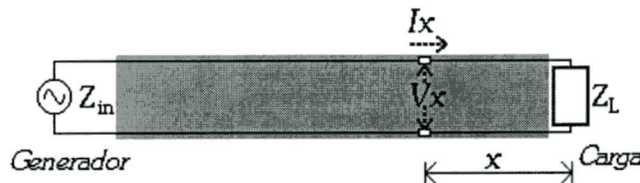
El método de acoplamiento de impedancias mediante dos STUBs.

INTRODUCCIÓN

La condición ideal de acoplamiento de impedancias, es cuando la impedancia de carga Z_L es puramente resistiva y además igual a la impedancia característica Z_0 de la línea. Tal condición no se cumple en la realidad, debido a que es imposible fabricar un conductor que no tenga Resistencia.

El método de acoplamiento con un STUB, empleado en la práctica anterior, se describirá a continuación para implementarse experimentalmente.

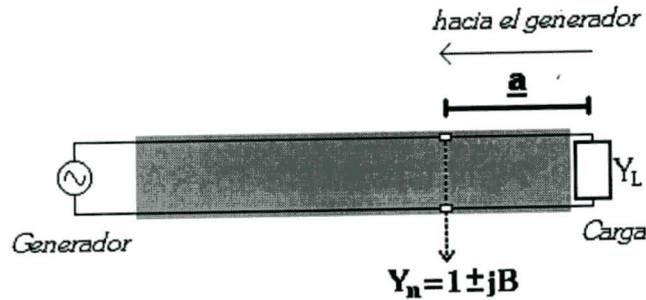
En una línea cargada con $Z_L \neq Z_0$, el cociente $\frac{I_x}{V_x} = Z_x$ va a tomar muy diversos valores en función de la distancia respecto a la carga, pero ninguno de ellos será Z_0 , tal como se puede apreciar al trazar la circunferencia con radio igual al VSWR en la carta de Smith.



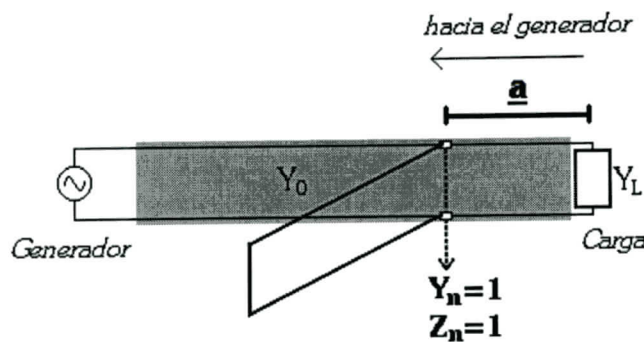
El acoplamiento de impedancias ($Z_x = Z_0$) se puede lograr en la parte de la línea que se encuentra a la izquierda de un *punto* situado a \underline{a} unidades de longitud medidas a partir de la carga.

¿Qué característica debe tener éste punto?

Que su admitancia normalizada sea $\mathbf{Y = 1 \pm jB}$

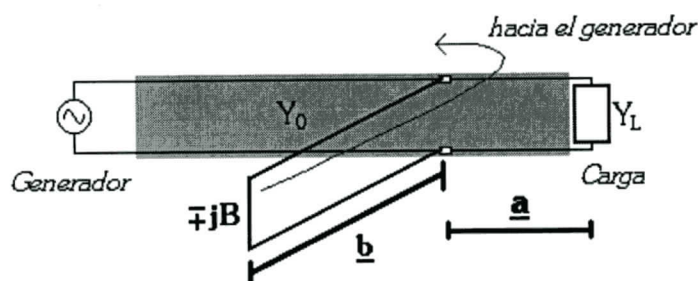


En dicho punto debemos conectar en paralelo una susceptancia $\mp jB$, a fin de que la nueva admittance normalizada sea $Y_n = 1 \pm jB \mp jB = 1$.



Esta susceptancia de valor $\mp jB$ se puede construir como se observa en la figura anterior, con una sección de línea terminada en corto circuito (llamada STUB) cuya longitud b se debe calcular de la siguiente forma:

Como el STUB es una línea terminada en corto, se busca en la carta de Smith el punto $R=0, X=0$ y se recorre sobre la circunferencia correspondiente (en longitudes de onda hacia el generador) hasta encontrar el punto de impedancia $\frac{1}{\mp jB}$, entonces la distancia recorrida es la longitud b del STUB.



Así, la susceptancia necesaria para el acoplamiento es proporcionada por la longitud b del segmento de línea en corto circuito, conectado en paralelo en el punto ubicado a una distancia a de la carga.

OBJETIVOS

- Entender el concepto de Acoplamiento de Impedancias.
- Comprobar experimentalmente el acoplamiento de impedancias para una línea de transmisión conectada a una carga diferente a su impedancia característica.
- Conocer el cuidado y funcionamiento del equipo que existe en el laboratorio a fin de usarlo adecuadamente y obtener los resultados satisfactorios.

EXPERIMENTOS

1.- Obtener el acoplamiento de impedancias para un cable coaxial terminado en una carga diferente a su impedancia característica.

2.- Comprobar si los valores teóricos obtenidos en la práctica #5

a = distancia de la carga al STUB.

b = longitud del STUB.

coinciden con las longitudes **A** y **B** experimentales.

EQUIPO

EQUIPO PHILIPS

1 Osciloscopio Digital de doble trazo MODELO: PM 3340 2 GHz.

1 Punta de prueba (activa) MODELO: PM 88943A

EQUIPO GENERAL RADIO COMPANY (GR CO.)

1 Fuente de Poder Regulada GR CO. MODELO: 1267-B.

1 Oscilador UHF GR CO. MODELO: 1362 220-920 MHz.

1 Cable coaxial ranurado con detector GR CO. MODELO: 874-LBB 300 MHz - 9 GHz.

1 Línea ajustable con Impedancia Constante GR CO. MODELO: 874-LK20L

1 STUB ajustable (20 cm) GR CO. MODELO: 874-D20L.

1 Montaje para componentes GR CO. MODELO: 874 ML

1 T GR CO. MODELO: 874 TPD.

Cargas :

- Corto Circuito GR CO. MODELO: 874 WN3.
- Carga desconocida (dentro del montaje para componentes)

Cables :

GR CO. MODELO: 8267 RG-213/U 70903 FR-1.

GR CO. MODELO: 874 R22LA.

Adaptadores :

General Radio a BNC-hembra GR CO. MODELO: 874 QBJA

(a la salida del detector del cable coaxial ranurado)

N-macho a BNC-hembra

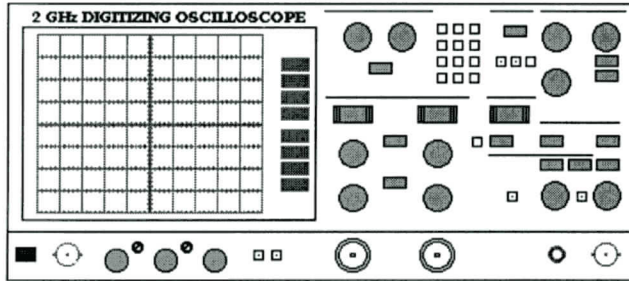
(entre el osciloscopio y la punta de prueba)

Punta de prueba a BNC-macho

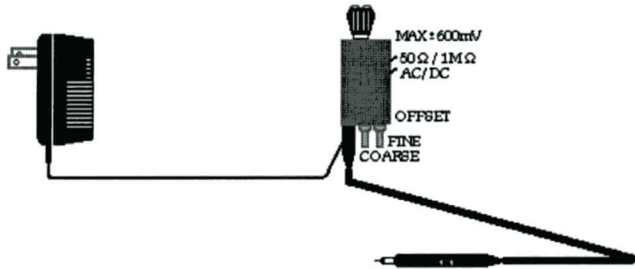
(entre la punta de prueba y el adaptador General Radio a BNC-hembra)

MATERIAL

1 Carta de Smith, con los cálculos de la práctica anterior.



Osciloscopio Digital de doble trazo PHILLIPS
 MODELO: PM 3340 2 GHz



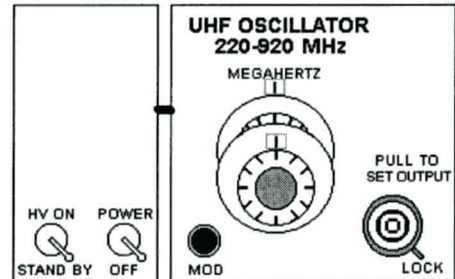
- Relación 1:1 MAX ± 42V 1MΩ // 3.5pF
 - Relación 10:1 MAX ± 200V 1MΩ // 2.4pF
 - Relación 100:1 MAX ± 200V 1MΩ // 1.4pF
- Punta de prueba (o de atenuación) PHILLIPS
 MODELO: PM 88943A 550ps risetime

Adaptadores


 General Radio a BNC-hembra
 GR CO. MODELO: 874 QBJA
 (a la salida del detector del coaxial ranurado)


 N-macho a BNC-hembra
 (entre el osciloscopio y la punta de prueba)


 Punta de prueba a BNC-macho
 (entre la punta de prueba y el adaptador General Radio a BNC-hembra)



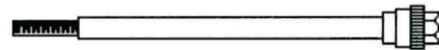
Fuente de Poder Regulada MODELO: 1267-B
 Oscilador UHF GR CO. MODELO: 1362
 220-920 MHz



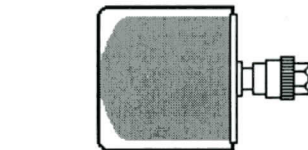
Cable coaxial ranurado con detector GR CO. MODELO: 874-LBB 300 MHz - 9 GHz



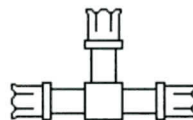
Línea ajustable con Impedancia Constante (20 cm) GR CO. MODELO: 874-LK20L



STUB ajustable (20 cm)
 GR CO. MODELO: 874-D20L.



Montaje para componentes
 GR CO. MODELO: 874 ML
 • Carga desconocida

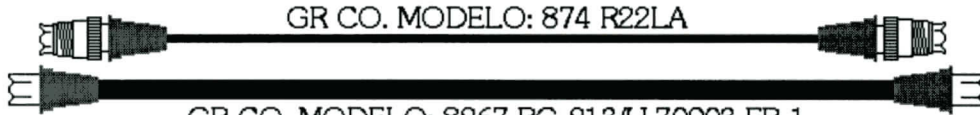


T GR CO.
 MODELO: 874 TPD.



• Corto Circuito
 GR CO. MODELO: 874 WN3

Cables



DESARROLLO

**Conexión de adaptadores y punta de prueba.
Sintonización del oscilador UHF**

Realizar el procedimiento de la práctica #4 (página 63-65)

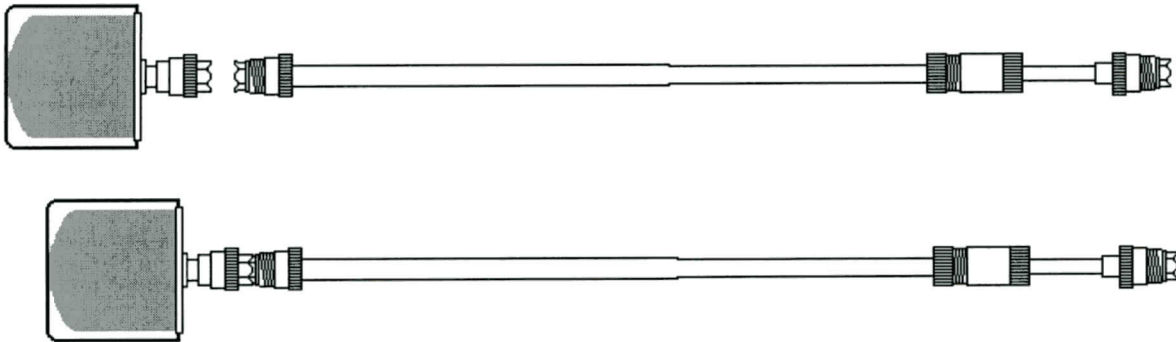
DESARROLLO

EXPERIMENTO 1

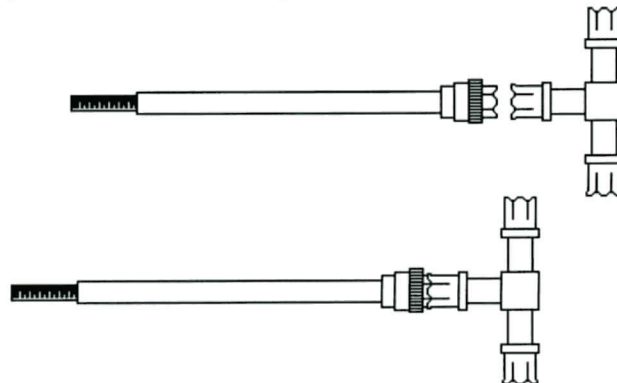
**Obtener experimentalmente el acoplamiento de impedancias
para un cable coaxial terminado en una carga
diferente a su impedancia característica.**

PROCEDIMIENTO

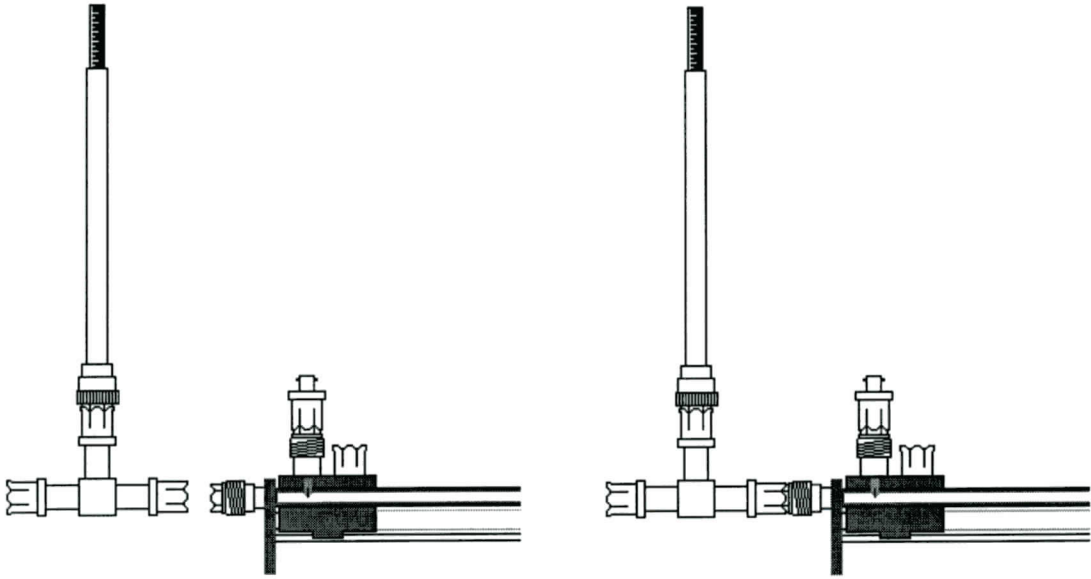
1) Conectar la carga desconocida a la línea ajustable con impedancia constante



2) Conectar el STUB ajustable al extremo superior de la T.



3) Conectar un extremo de la T al cable coaxial ranurado con detector.



4) Conectar el otro extremo de la T a la línea ajustable con impedancia constante.

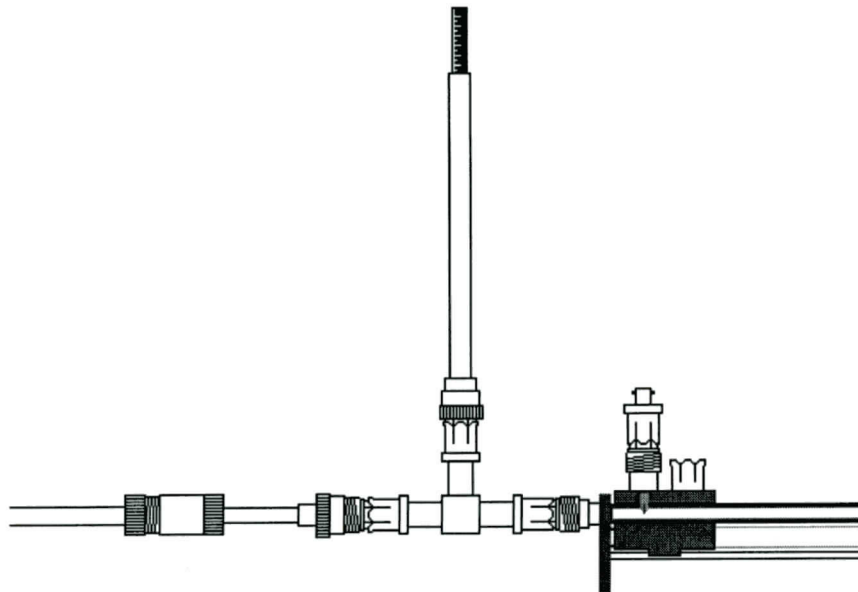
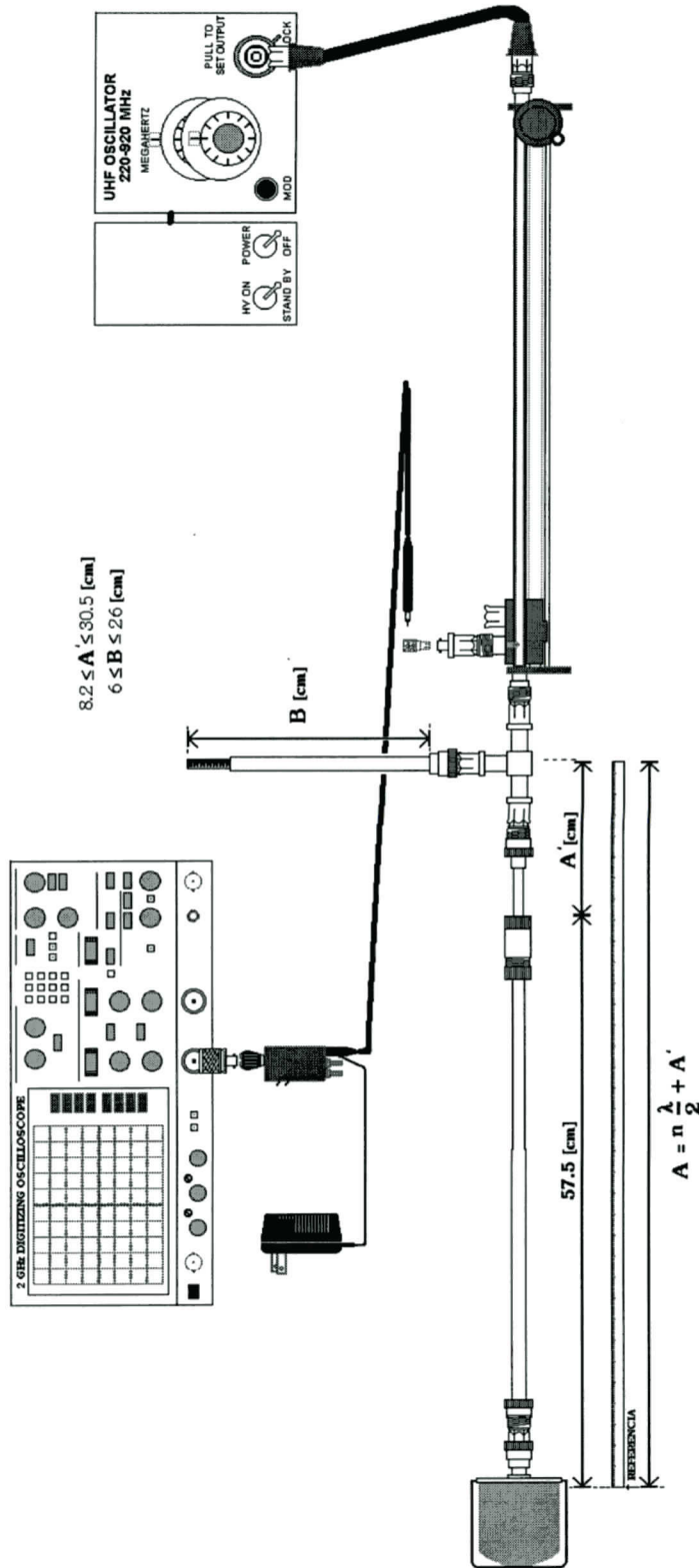


DIAGRAMA DE CONEXIONES



PROCEDIMIENTO

La distancia \underline{a} del STUB a la carga fue calculada previamente en la carta de Smith (práctica #5), y seguramente la línea ajustable no se podrá adaptar a tal longitud, por lo tanto la distancia \mathbf{A} del centro de la T a la carga tendrá que ser igual a \underline{a} más un múltiplo de $\lambda/2$:

$$\mathbf{A} = \underline{a} + n \frac{\lambda}{2}$$

y el rango de variación de la longitud \mathbf{A} es :

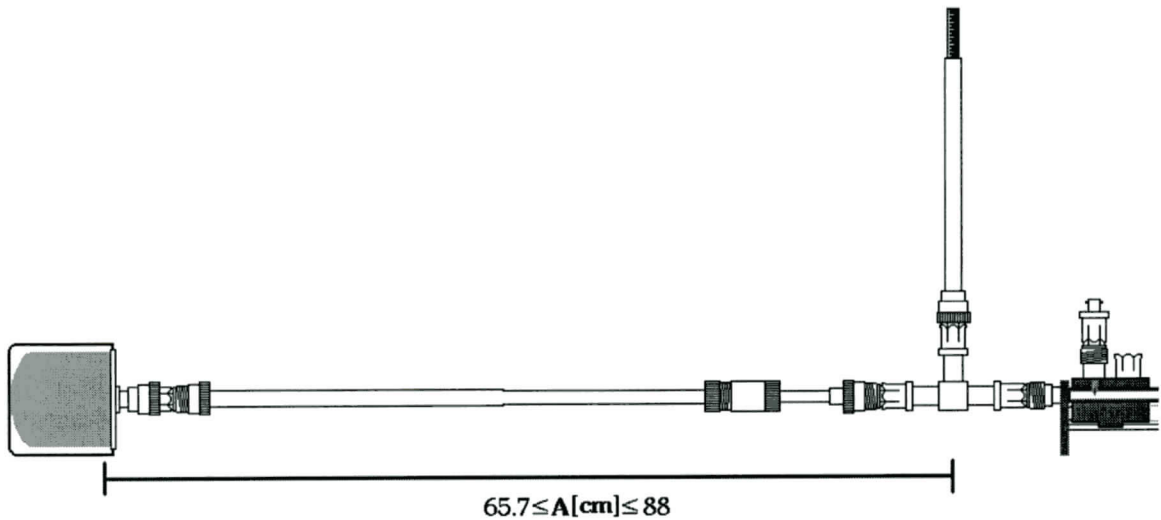
$$65.7 \leq \mathbf{A} \leq 88 \text{ [cm]}$$

Entonces : Para $n=1, 2, 3, \dots$

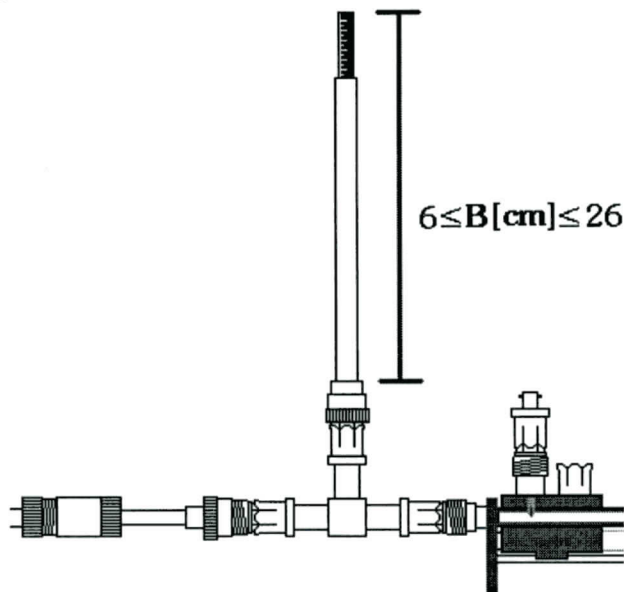
Encontrar el valor adecuado de n , tal que permita :

$$65.7 \leq \underline{a} + n \frac{\lambda}{2} \leq 88 \text{ [cm]}$$

Fijar la longitud de la línea ajustable \mathbf{A} al valor encontrado : $\frac{\underline{a} + n \lambda / 2}{2}$ [cm]



Hacer que la longitud \mathbf{B} del STUB sea igual al valor de \underline{b} , calculado previamente en la carta de Smith (práctica #5).



NOTAS

BIBLIOGRAFÍA

CHENG, David K.
"Fundamentos de electromagnetismo para ingenieros".
Adisson Wesley

HAYT, William H. Jr.
"Engineering electromagnetics".
Mc Graw Hill, 1989.

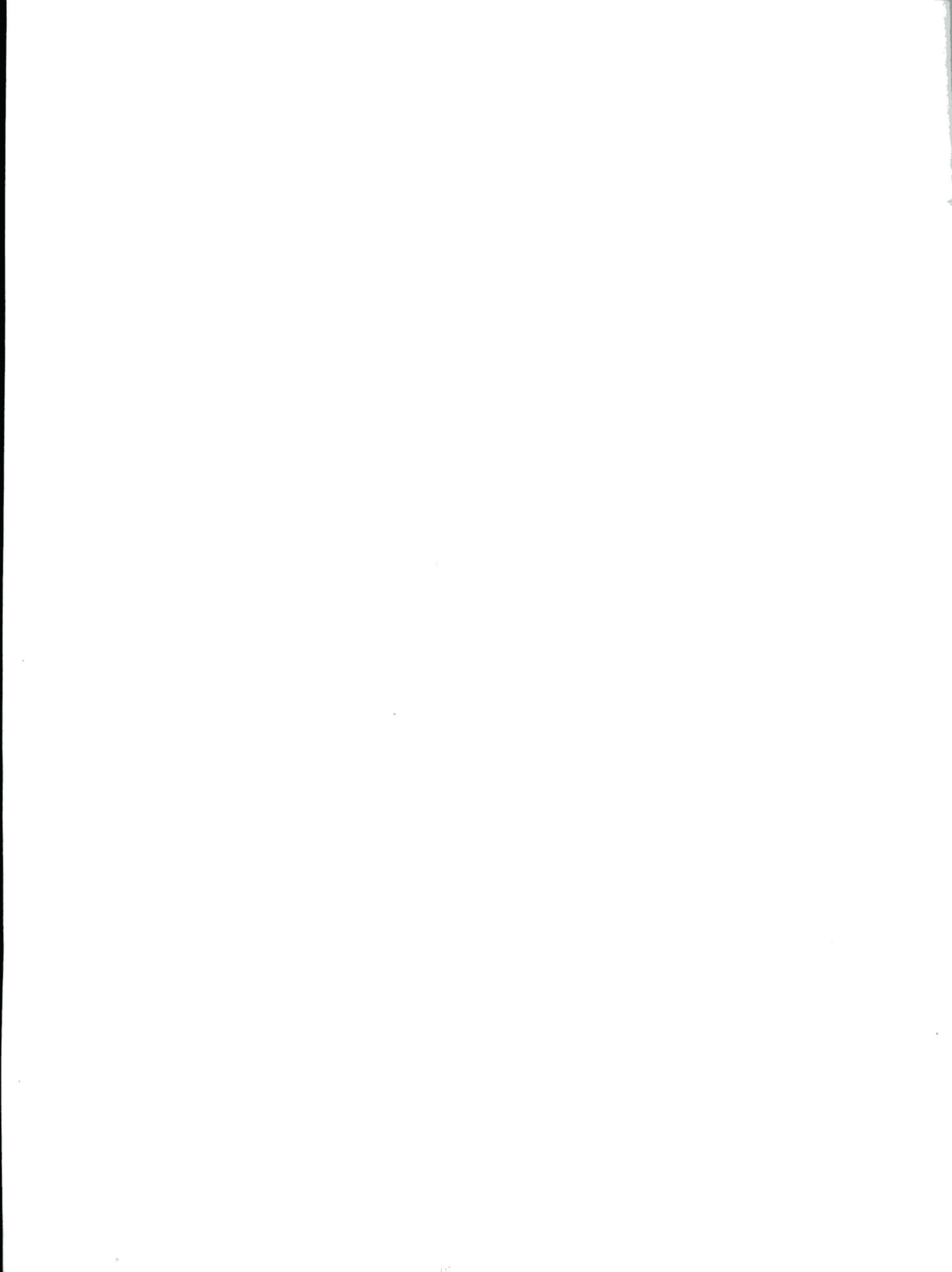
RAO, Nannapaneni Narayana
"Elements of engineering electromagnetics".
Prentice Hall Inc, 1991.

DUNLOP, John
SMITH D. Geoffrey
"Ingeniería en Telecomunicaciones".
Colección Ciencia Electrónica. Gustavo Gili, 1988.

SOSA PEDROZA, José
ORTEGA LARA, Lizbeth
"Líneas de transmisión y guías de onda".
Noriega Limusa, 1988.

LAPATINE, Sol.
"Electronics in Communication".
John Wiley & Sons.

EVERITT, W.L.
"Communications engineering".
ARBO, 1961.



TTL LOGIC
Standard TTL, Schottky, Low- Power Schottky
DATA BOOK Texas Instruments

74128 NOR (4 compuertas de 2 entradas)

74136 EX-OR (4 compuertas de 2 entradas)

74140 NAND (2 compuertas de 4 entradas)

74164 Registro de Corrimiento

NOTA: se necesita únicamente alguno de los siguientes :74128 ó 74140.

74128

SN54128, SN74128 LINE DRIVERS

DECEMBER 1983 - REVISED MARCH 1988

- Package Options Include Plastic and Ceramic DIPs and Ceramic Flat Packages
- Dependable Texas Instruments Quality and Reliability

description

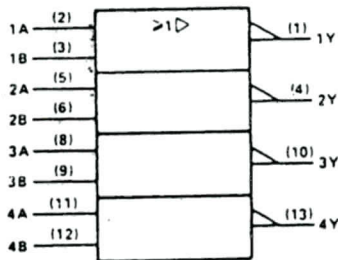
These devices contain four independent 2-input-NOR line drivers. They perform the Boolean function $Y = \overline{A + B}$ or $Y = \overline{A} \cdot \overline{B}$. The SN54128 is designed to drive 75 ohm lines. The SN74128 is designed to drive 50 ohm lines.

The SN54128 is characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C . The SN74128 is characterized for operation from 0°C to 70°C .

logic diagram (each driver)



logic symbol†



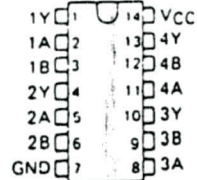
† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

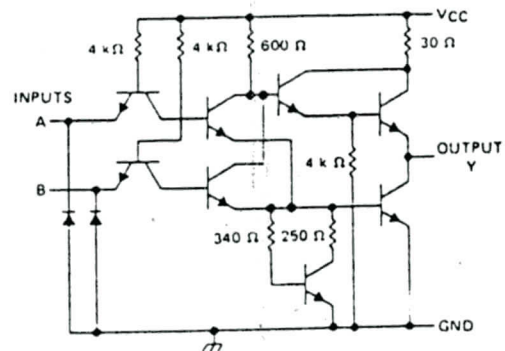
Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	7 V
Input voltage	5.5 V
Operating free-air temperature range: SN54 ¹	-55°C to 125°C
SN74 ¹	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

SN54128 ... J OR W PACKAGE
 SN74128 ... N PACKAGE
 (TOP VIEW)



schematic (each driver)



Resistor values shown are nominal.

2

TTL Devices

PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS
 INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

2-393

**SN54128, SN74128
LINE DRIVERS**

recommended operating conditions

	SN54128			SN74128			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V _{CC} Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH} High-level input voltage	2			2			V
V _{IL} Low-level input voltage	0.8			0.8			V
I _{OH} High-level output current	-29			-42.4			mA
I _{OL} Low-level output current	48			48			mA
T _A Operating free-air temperature	-55			125			°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS †	MIN	TYP ‡	MAX	UNIT	
V _{IK}	V _{CC} - MIN, I _I = -12 mA	-1.5			V	
V _{OH}	V _{CC} - MIN, V _{IL} = 0.8 V, I _{OH} = -2.4 mA	2.4	3.4	V		
	V _{CC} - MIN, V _{IL} = 0.4 V, I _{OH} = -13.2 mA	2.4				
	V _{CC} - MIN, V _{IL} = 0.4 V, I _{OH} = MAX	2				
V _{OL}	V _{CC} - MIN, V _{IH} = 2 V, I _{OL} = 48 mA	0.26			0.4	V
I _I	V _{CC} - MAX, V _I = 5.5 V	1			mA	
I _{IH}	V _{CC} - MAX, V _I = 2.4 V	40			µA	
I _{IL}	V _{CC} - MAX, V _I = 0.4 V	-1.6			mA	
I _{OS †}	V _{CC} - MAX	-70	-140		mA	
I _{CCH}	V _{CC} - MAX	12			21	mA
I _{CCL}	V _{CC} - MAX	33			57	mA

2. TTL Devices

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
§ Not more than one output should be shorted at a time.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see note 2)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
t _{PLH}	A or B	Y	R _L = 133 Ω	C _L = 50 pF	6	9	ns	
					8	12	ns	
t _{PHL}			R _L = 133 Ω	C _L = 150 pF	10	15	ns	
					12	18	ns	

NOTE 2 Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1

74136

SN54136, SN54LS136, SN74136, SN74LS136 QUADRUPLE 2-INPUT EXCLUSIVE-OR GATES WITH OPEN-COLLECTOR OUTPUTS

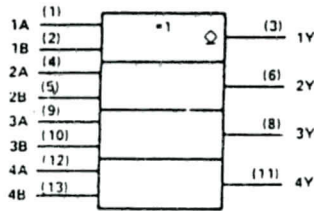
DECEMBER 1977 - REVISED MARCH 1988

FUNCTION TABLE

INPUTS		OUTPUT
A	B	Y
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

H = High level, L = Low level

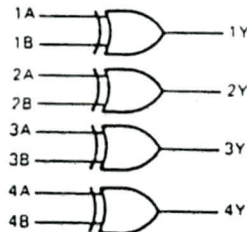
logic symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12

Pin numbers shown are for D, J, N, and W packages

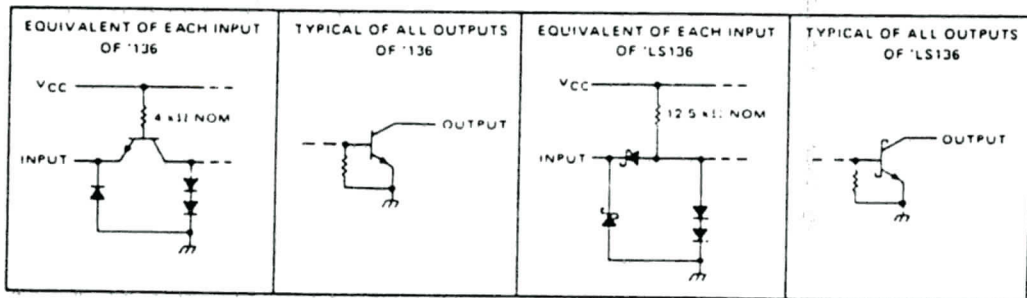
logic diagram (each gate)



positive logic

$$Y = A \oplus B = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$$

schematics of inputs and outputs



Resistor values shown are nominal

PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS
 INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

2-417



TTL Devices

SN54LS136, SN74LS136
QUADRUPLE 2-INPUT EXCLUSIVE-OR GATES
WITH OPEN-COLLECTOR OUTPUTS

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	7 V
Input voltage	5.5 V
Operating free air temperature range	-55°C to 125°C
SN54136	0°C to 70°C
SN74136	-65°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal

recommended operating conditions

	SN54136			SN74136			UNIT		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX			
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V		
High-level input voltage, V_{IH}	2			2			V		
Low-level input voltage, V_{IL}	0.8			0.8			V		
High-level output voltage, V_{OH}	5.5			5.5			V		
Low level output current, I_{OL}	16			16			mA		
Operating free air temperature, T_A	-55			125			0	70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS ¹	SN54136		SN74136		UNIT
		MIN	TYP ²	MAX	MIN	
V_{IK}	$V_{CC} = \text{MIN. } I_I = -8 \text{ mA}$			-1.5		V
I_{OH}	$V_{CC} = \text{MIN. } V_{IH} = 2 \text{ V. } V_{IL} = 0.8 \text{ V. } V_{OH} = 5.5 \text{ V}$			0.25		mA
	$V_{CC} = \text{MIN. } V_{IH} = 2 \text{ V. } V_{IL} = 0.7 \text{ V. } V_{OH} = 5.5 \text{ V}$			0.25		
V_{OL}	$V_{CC} = \text{MIN. } V_{IH} = 2 \text{ V. } V_{IL} = 0.8 \text{ V. } I_{OL} = 16 \text{ mA}$	0.2	0.4	0.2	0.4	V
I_I	$V_{CC} = \text{MAX. } V_I = 5.5 \text{ V}$	1		1		mA
I_{IH}	$V_{CC} = \text{MAX. } V_I = 2.4 \text{ V}$	40		40		µA
I_{IL}	$V_{CC} = \text{MAX. } V_I = 0.4 \text{ V}$	-1.6		-1.6		mA
I_{CC}	$V_{CC} = \text{MAX. See Note 2}$	30	43	30	50	mA

¹ For conditions shown as MIN or MAX use the appropriate value specified under recommended operating conditions

² All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V. } T_A = 25^\circ\text{C}$

NOTE 2: I_{CC} is measured with one input of each gate at 4.5 V, the other inputs grounded, and the outputs open

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V. } T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER*	FROM (INPUT)	TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
		Other input low	Other input high				
t_{PLH}	A or B	Other input low	See Note 3	12	13	15	ns
t_{PHL}	A or B	Other input high	See Note 3	14	22	15	ns
t_{PLH}	A or B	Other input high	See Note 3	42	55	15	ns

* t_{PLH} propagation delay time: low to high level output

* t_{PHL} propagation delay time: high to low level output

NOTE 3: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1

FACULTAD DE INGENIERÍA - U.N.A.M.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES
LABORATORIO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

SN54136, SN74136
QUADRUPLE 2-INPUT EXCLUSIVE-OR GATES
WITH OPEN-COLLECTOR OUTPUTS

absolute maximum ratings over operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	7 V
Input voltage	7 V
Operating free air temperature range: SN54LS136	-55°C to 125°C
SN74LS136	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal

recommended operating conditions

	SN54LS136			SN74LS136			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output voltage, V_{OH}				5.5			V
Low-level output current, I_{OL}				8			mA
Operating free-air temperature, T_A	-55	125		0	70		°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS ¹	SN54LS136			SN74LS136			UNIT
		MIN	TYP ²	MAX	MIN	TYP ¹	MAX	
V_{IH} High-level input voltage		2			2			V
V_{IL} Low-level input voltage		0.7			0.8			V
V_{IK} Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, I_I = -18 \text{ mA}$	-1.5			-1.5			V
I_{OH} High-level output current	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_{IH} = 2 \text{ V.}, V_{IL} = V_{IL \text{ max.}}, V_{OH} = 5.5 \text{ V}$	100			100			µA
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_{IH} = 2 \text{ V.}, V_{IL} = V_{IL \text{ max.}}$	$I_{OL} = 4 \text{ mA}$	0.25	0.4	0.25	0.4	V	
		$I_{OL} = 8 \text{ mA}$			0.35	0.5		
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 7 \text{ V}$	0.2			0.2			mA
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 2.7 \text{ V}$	40			40			µA
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 0.4 \text{ V}$	-0.8			-0.8			mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX.},$ See Note 2	6.1	10		6.1	10	mA	

¹For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.
²A: typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ \text{C}$

NOTE 2: I_{CC} is measured with one input of each gate at 4.5 V, the other inputs grounded, and the outputs open.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ \text{C}$

PARAMETER ¹	FROM (INPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	A or B	Other input low $C_L = 15 \text{ pF}, R_L = 2 \text{ k}\Omega,$ (See Note 3)	18	30		ns
t_{PHL}			18	30		
t_{PLH}	A or B	Other input high	18	30		ns
t_{PHL}			18	30		

¹ t_{PLH} propagation delay time, low-to-high-level output

¹ t_{PHL} propagation delay time, high-to-low-level output

NOTE 3: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 3

TTL Devices

74140

SN54S140, SN74S140 DUAL 4-INPUT POSITIVE-NAND 50-OHM LINE DRIVERS

DECEMBER 1983 - REVISED MARCH 1988

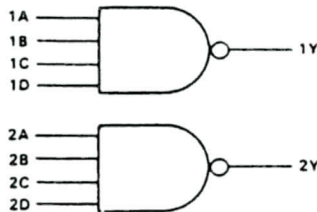
- Package Options Include Ceramic Chip Carriers and Flat Packages in Addition to Plastic and Ceramic DIPs
- Dependable Texas Instruments Quality and Reliability

description

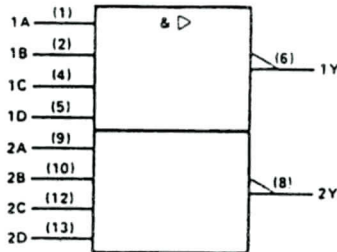
These devices contain two independent 4-input positive-NAND 50-ohm line drivers. They perform the Boolean function $Y = \overline{ABCD}$.

The SN54S140 is characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C. The SN74S140 is characterized for operation from 0°C to 70°C.

logic diagram (each driver)

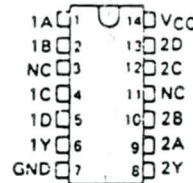


logic symbol†

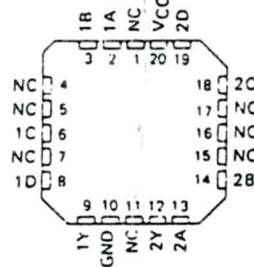


† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.
 Pin numbers shown are for D, J, N, and W packages.

SN54S140 ... J OR W PACKAGE
 SN74S140 ... D OR N PACKAGE
 (TOP VIEW)



SN54S140 ... FK PACKAGE
 (TOP VIEW)



NC - No internal connection



TTL Devices

PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

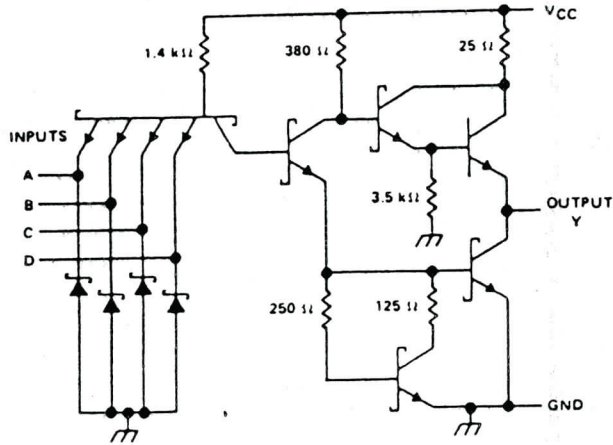
TEXAS
 INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

2-435

SN74S140, SN74S140
DUAL 4-INPUT POSITIVE-NAND 50-OHM LINE DRIVERS

Schematic (each driver)



2
 TTL Devices

Resistor values shown are nominal.

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	7 V
Input voltage	5.5 V
Operating free-air temperature range: SN54'	-55°C to 125°C
SN74'	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

2-436

TEXAS
 INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

FACULTAD DE INGENIERÍA - U.N.A.M.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES
LABORATORIO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

SN54S140, SN74S140
DUAL 4-INPUT POSITIVE-NAND 50-OHM LINE DRIVERS

recommended operating conditions

	SN54S140			SN74S140			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V _{CC} Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH} High-level input voltage	2			2			V
V _{IL} Low-level input voltage	0.8			0.8			V
I _{OH} High-level output current	- 40			- 40			mA
I _{OL} Low-level output current	60			60			mA
T _A Operating free-air temperature	- 55	125		0	70		°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SN54S140			SN74S140			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
V _{IK}	V _{CC} = MIN, I _I = - 18 mA	- 1.2			- 1.2			V
V _{OH}	V _{CC} = MIN, V _{IL} = 0.8 V, I _{OH} = - 3 mA	2.5	3.4		2.7	3.4		V
	V _{CC} = MIN, V _{IL} = 0.5 V, R _O = 50 Ω to GND	2			2			
V _{OL}	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2 V, I _{OL} = 60 mA	0.5			0.5			V
I _I	V _{CC} = MAX, V _I = 5.5 V	1			1			mA
I _{IH}	V _{CC} = MAX, V _{IH} = 2.7 V	0.1			0.1			mA
I _{IL}	V _{CC} = MAX, V _{IL} = 0.5 V	- 4			- 4			mA
I _{OS} §	V _{CC} = MAX	- 50	- 225		- 50	- 225		mA
I _{GCH}	V _{CC} = MAX, V _I = 0 V	10 18			10 18			mA
I _{CCL}	V _{CC} = MAX, V _I = 4.5 V	25 44			25 44			mA

- † For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
§ Not more than one output should be shorted at a time, and the duration of the short circuit should not exceed 100 milliseconds.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see note 2)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t _{PLH}	Any	Y	R _L = 93 Ω, C _L = 50 pF	4	6.5		ns
t _{PHL}				4	6.5		ns
t _{PLH}			R _L = 93 Ω, C _L = 150 pF	6			ns
t _{PHL}				6			ns

NOTE 2: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.



TTL Devices

47164

SN54164, SN54LS164, SN74164, SN74LS164 8-BIT PARALLEL-OUT SERIAL SHIFT REGISTERS

MARCH 1974 - REVISED MARCH 1989

- Gated Serial Inputs
- Fully Buffered Clock and Serial Inputs
- Asynchronous Clear

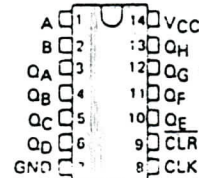
TYPE	TYPICAL	TYPICAL
	MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	POWER DISSIPATION
'164	36 MHz	21 mW per bit
'LS164	36 MHz	10 mW per bit

description

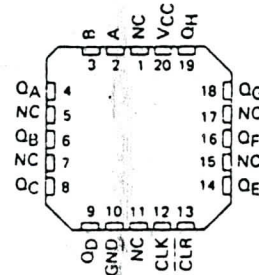
These 8-bit shift registers feature gated serial inputs and an asynchronous clear. The gated serial inputs (A and B) permit complete control over incoming data as a low at either input inhibits entry of the new data and resets the first flip-flop to the low level at the next clock pulse. A high-level input enables the other input which will then determine the state of the first flip-flop. Data at the serial inputs may be changed while the clock is high or low, but only information meeting the setup-time requirements will be entered. Clocking occurs on the low-to-high-level transition of the clock input. All inputs are diode-clamped to minimize transmission-line effects.

The SN54164 and SN54LS164 are characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C. The SN74164 and SN74LS164 are characterized for operation from 0°C to 70°C.

SN54164, SN54LS164 . . . J OR W PACKAGE
 SN74164 . . . N PACKAGE
 SN74LS164 . . . D OR N PACKAGE
 (TOP VIEW)



SN54LS164 . . . FK PACKAGE
 (TOP VIEW)



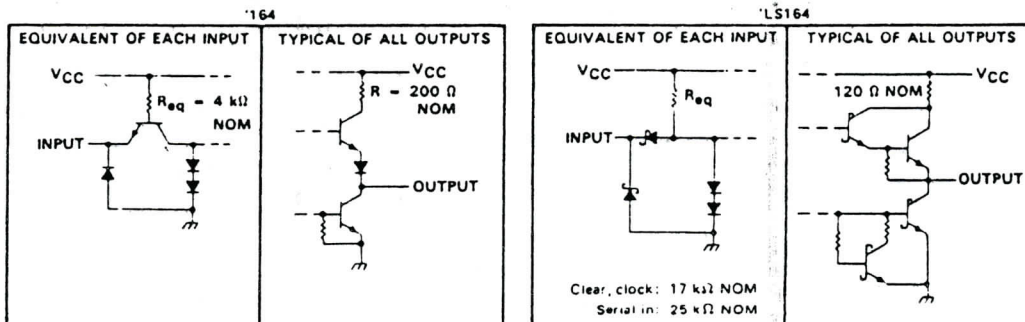
NC - No internal connection

FUNCTION TABLE

INPUTS		OUTPUTS				
CLEAR	CLOCK	A	B	QA	QB	QH
L	X	X	X	L	L	L
H	L	X	X	QA0	QB0	QH0
H	↑	H	H	H	QA _n	QH _n
H	↑	L	X	L	QA _n	QH _n
H	↑	X	L	L	QA _n	QH _n

H = high level (steady state), L = low level (steady state)
 X = irrelevant (any input, including transitions)
 ↑ = transition from low to high level.
 QA0, QB0, QH0 = the level of QA, QB, or QH, respectively, before the indicated steady state input conditions were established.
 QA_n, QB_n, QH_n = the level of QA or QH before the most recent ↑ transition of the clock; indicates a one-bit shift.

schematics of inputs and outputs



TEXAS
 INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 855012 • DALLAS, TEXAS 75265

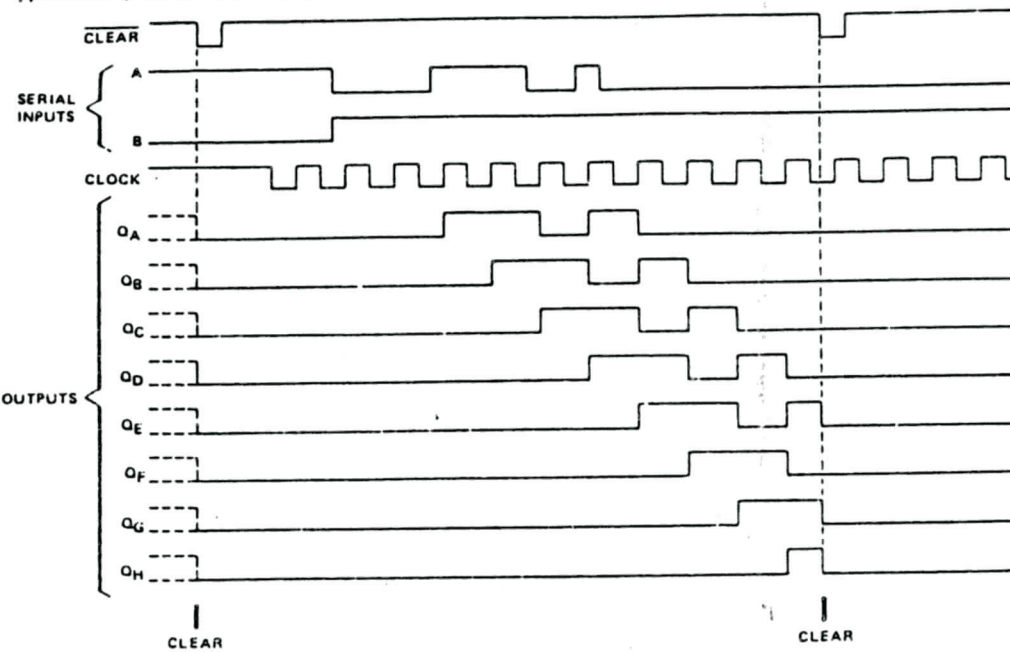
2-515

TTL Devices

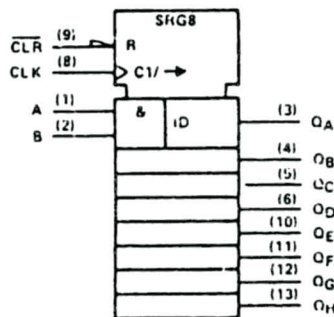
SN54164, SN54LS164, SN74164, SN74LS164
 8-BIT PARALLEL-OUT SERIAL SHIFT REGISTERS

2
 TTL Devices

typical clear, shift, and clear sequences



logic symbol†



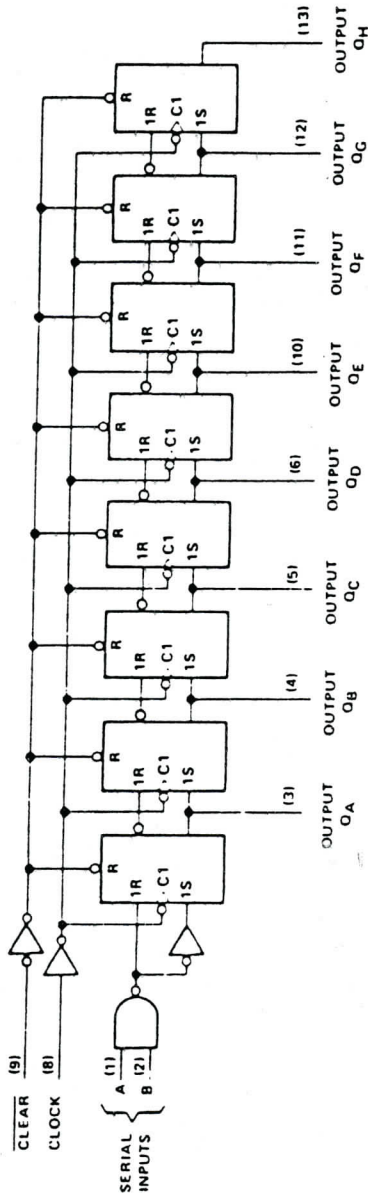
† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std. 91-1984 and IEC Publication 617-12. Pin numbers shown are for D, J, N, and W packages.

2-516

TEXAS
 INSTRUMENTS
 POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

SN54164, SN54LS164, SN74164, SN74LS164
 8-BIT PARALLEL-OUT SERIAL SHIFT REGISTERS

logic diagram (positive logic)



TTL Devices

TEXAS
 INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75765

2-517

FACULTAD DE INGENIERÍA - U.N.A.M.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES
LABORATORIO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

SN54164, SN74164
8-BIT PARALLEL-OUT SERIAL SHIFT REGISTERS

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	7 V
Input voltage	5.5 V
Operating free-air temperature range: SN54164	-55°C to 125°C
SN74164	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

recommended operating conditions

	SN54164			SN74164			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			-400			-400	μ A
Low-level output current, I_{OL}			8			8	mA
Clock frequency, f_{clock}	0		25	0		25	MHz
Width of clock or clear input pulse, t_w	20			20			ns
Data setup time, t_{SU} (see Figure 1)	15			15			ns
Data setup time, t_{SU} (Clear Inactive) (see Figure 1)	20			20			ns
Data hold time, t_h (see Figure 1)	5			5			ns
Operating free-air temperature, T_A	-55		125	0		70	°C

2
TTL Devices

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SN54164			SN74164			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
V_{IH} High-level input voltage		2			2			V
V_{IL} Low-level input voltage				0.8			0.8	V
V_{IK} Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, I_I = -12 \text{ mA}$			-1.5			-1.5	V
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_{IH} = 2 \text{ V.}, V_{IL} = 0.8 \text{ V.}, I_{OH} = -400 \mu\text{A}$	2.4	3.2		2.4	3.2		V
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_{IH} = 2 \text{ V.}, V_{IL} = 0.8 \text{ V.}, I_{OL} = 8 \text{ mA}$	0.2	0.4		0.2	0.4		V
I_I Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 5.5 \text{ V.}$			1			1	mA
I_{IH} High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 2.4 \text{ V.}$			40			40	μ A
I_{IL} Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 0.4 \text{ V.}$			-1.6			-1.6	mA
I_{OS} Short circuit output current‡	$V_{CC} = \text{MAX.}$	-10	-27.5		-9	-27.5		mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I(\text{clock}) = 0.4 \text{ V.}$ See Note 2 $V_I(\text{clock}) = 2.4 \text{ V.}$		30		30			mA
			37	54		37	54	

† For conditions shown at MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V.}, T_A = 25^\circ\text{C.}$

§ Not more than two outputs should be shorted at a time.

NOTE 2: I_{CC} is measured with outputs open, serial inputs grounded, and a momentary ground, then 4.5 V, applied to clear.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V.}, T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
f_{max} Maximum clock frequency		$C_L = 15 \text{ pF}$	25	36	MHz
t_{PHL} Propagation delay time, high-to-low-level Q outputs from clear input	$R_L = 800 \Omega,$ See Figure 1	$C_L = 15 \text{ pF}$		24	36
		$C_L = 50 \text{ pF}$		28	42
t_{PLH} Propagation delay time, low-to-high-level Q outputs from clock input		$C_L = 15 \text{ pF}$	8	17	27
		$C_L = 50 \text{ pF}$	10	20	30
t_{PHL} Propagation delay time, high-to-low-level Q outputs from the clock input		$C_L = 15 \text{ pF}$	10	21	32
		$C_L = 50 \text{ pF}$	10	25	37

2-518


TEXAS
INSTRUMENTS
 POST OFFICE BOX 855012 • DALLAS, TEXAS 75285

SN54LS164, SN74LS164
 8-BIT PARALLEL-OUT SERIAL SHIFT REGISTERS

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	7 V
Input voltage	7 V
Operating free-air temperature range: SN54LS164	-55°C to 125°C
SN74LS164	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

recommended operating conditions

		SN54LS164			SN74LS164			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V_{IH}	High-level input voltage	2			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage			0.7			0.8	V
I_{OH}	High-level output current			-0.4			-0.4	mA
I_{OL}	Low-level output current			4			8	mA
f_{clock}	Clock frequency	0		25	0		25	MHz
t_w	Width of clock or clear input pulse	20			20			ns
t_{su}	Data setup time (See Figure 1)	15			15			ns
t_{sh}	Clear inactive setup time (See Figure 1)	20			20			ns
t_h	Data hold time (See Figure 1)	5			5			ns
T_A	Operating free-air temperature	-55		125	0		70	°C

2

TTL Devices

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS ¹	SN54LS164		SN74LS164		UNIT	
		MIN	TYP ²	MAX	MIN		TYP ²
V_{IK}	$V_{CC} = \text{MIN.}$ $I_I = -18 \text{ mA}$			-1.5		-1.5	V
V_{OH}	$V_{CC} = \text{MIN.}$ $V_{IH} = 2 \text{ V.}$ $V_{IL} = \text{MAX.}$ $I_{OH} = -0.4 \text{ mA}$	2.5	3.5			2.7 3.5	V
V_{OL}	$V_{CC} = \text{MIN.}$ $V_{IH} = 2 \text{ V.}$ $V_{IL} = \text{MAX.}$ $I_{OL} = 4 \text{ mA}$ $I_{OL} = 8 \text{ mA}$			0.25 0.4		0.25 0.4 0.35 0.5	V
I_I	$V_{CC} = \text{MAX.}$ $V_I = 7 \text{ V}$			0.1		0.1	mA
I_{IH}	$V_{CC} = \text{MAX.}$ $V_I = 2.7 \text{ V}$		20			20	μA
I_{IL}	$V_{CC} = \text{MAX.}$ $V_I = 0.4 \text{ V}$			-0.4		-0.4	mA
I_{OS}	$V_{CC} = \text{MAX.}$	-20		-100		-20 -100	mA
I_{CC}	$V_{CC} = \text{MAX.}$ See Note 3		16 27			16 27	mA

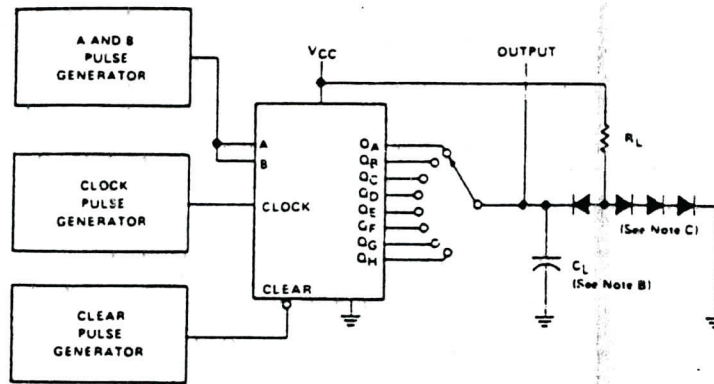
¹For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
²All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V.}$ $T_A = 25^\circ\text{C.}$
³Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short-circuit should not exceed one second.
 NOTE 3: I_{CC} is measured with outputs open, serial inputs grounded, the clock input at 2.4 V, and a momentary ground, then 4.5 V applied to clear.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V,}$ $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
f_{max}	Maximum clock frequency		25 36		MHz
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level Q outputs from clear input		24 36		ns
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level Q outputs from clock input		17 27		ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level Q outputs from clock input		21 32		ns

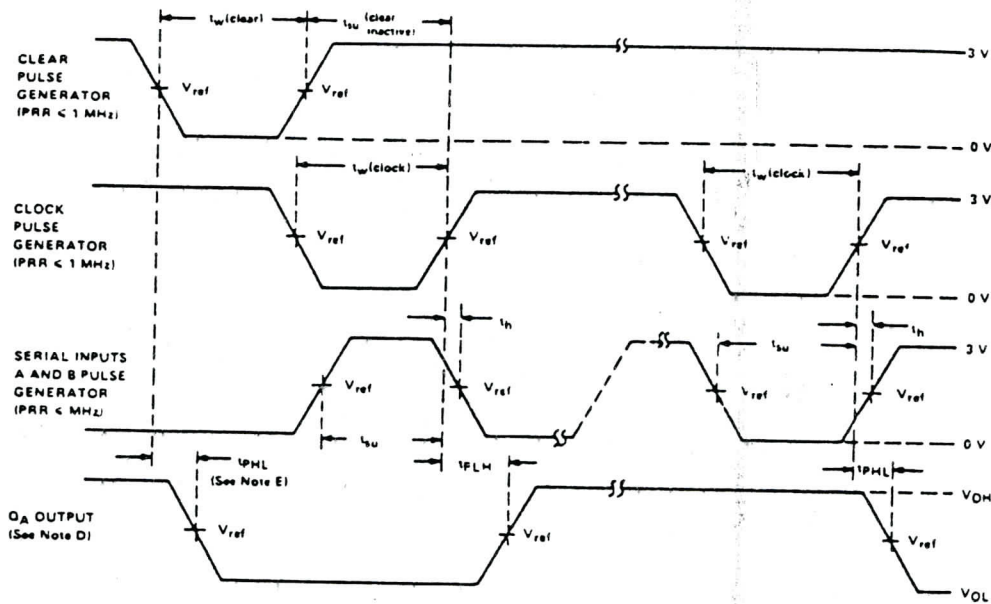
SN54164, SN54LS164, SN74164, SN74LS164
 8-BIT PARALLEL-OUT SERIAL SHIFT REGISTERS

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



TEST CIRCUIT

2
 TTL Devices



VOLTAGE WAVEFORMS

- NOTES: A. The pulse generators have the following characteristics: duty cycle $\leq 50\%$, $Z_{out} = 50 \Omega$; for '164, $t_r \leq 10$ ns, $t_f \leq 10$ ns; and for 'LS164, $t_r \leq 15$ ns, $t_f \leq 6$ ns.
 B. C_L includes probe and jig capacitance.
 C. All diodes are 1N3064 or equivalent.
 D. Q_A output is illustrated. Relationship of serial input A and B data to other Q outputs is illustrated in the typical shift sequence.
 E. Outputs are set to the high level prior to the measurement of t_{PHL} from the clear input.
 F. For '164, $V_{ref} = 1.5$ V; for 'LS164, $V_{ref} = 1.3$ V.

FIGURE 1—SWITCHING TIMES

2-520

TEXAS
 INSTRUMENTS
 POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

CARTA DE SMITH

La carta de Smith tiene muchas aplicaciones como las siguientes: el diseño de secciones de línea de transmisión y cálculos de atenuación, la determinación del grado de desacoplamiento de secciones de línea de transmisión para frecuencias cercanas a la frecuencia de diseño, el cálculo de secciones de línea para conseguir un acoplamiento de impedancias, y el cálculo de la admitancia correspondiente para cualquier impedancia o viceversa.

Algunas características de la carta de Smith son :

1. Sus escalas de resistencia (o conductancia) y reactancia (o susceptancia) están normalizadas con respecto a la impedancia (o admitancia) característica.
2. Las escalas exteriores en longitudes de onda están normalizadas con respecto a la longitud de onda (frecuencia) de la señal.
3. Debido a que los valores en la carta están normalizados, también se le conoce como **Carta de Impedancia Universal**. Esto permite utilizar la misma carta para cualquier impedancia característica de la línea de transmisión y/o cualquier frecuencia de operación.
4. Existen cartas sin normalizar, pero su uso de éstas se restringe a líneas con una impedancia característica específica.

Se debe tener esto muy presente, ya que los verdaderos valores de impedancia (o admitancia) y longitudes de onda no se leen directamente de la carta, sino que lo ubicado en ella es un valor **normalizado**, por lo que para obtener el verdadero valor se debe desnormalizar multiplicando por la impedancia (o admitancia) característica o longitud de onda según sea el parámetro leído en la carta.

La Carta o diagrama está diseñado para que pueda representarse cualquier valor de impedancias, así como admitancia que se determina directamente de la carta con un mínimo de cálculos.

$$\begin{array}{ll} \text{Impedancias} & \mathbf{Z = R \pm j X} \\ \text{Admitancias} & \mathbf{Y = G \pm j B} \end{array}$$

Existen varias escalas de interés en la Carta de Smith, las cuales se describirán a continuación :

- La *línea* de resistencia (ó conductancia) pura.
- El conjunto de *círculos* de resistencia constante (ó conductancia constante).
- El conjunto de *arcos* de reactancia constante (ó susceptancia constante) positiva.
- El conjunto de *arcos* de reactancia constante (ó susceptancia constante) negativa.

- Escala para el *ángulo* del coeficiente de reflexión.
- Escala para longitudes de onda *hacia el generador*.
- Escala para longitudes de onda *hacia la carga*.

Parámetros radialmente escalados :

REFLEXIÓN (localizado en la parte inferior derecha de la carta)

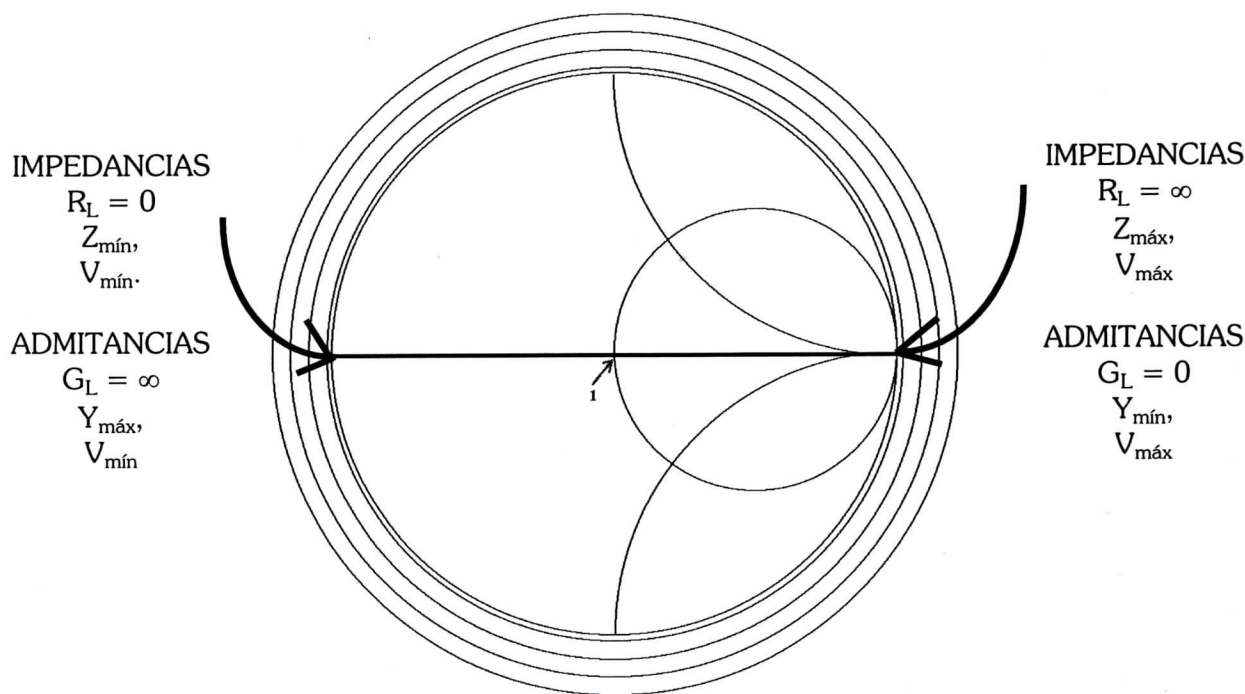
- Escala para la *magnitud* del coeficiente de reflexión.
- Escala para *pérdidas* en Decibeles

TRANSMISIÓN (localizado en la parte inferior izquierda de la carta)

- Escala para *pérdidas por transmisión*.
- Escala para *onda estacionaria*.

La línea de RESISTENCIA Ó CONDUCTANCIA PURA

El eje horizontal que divide a la carta en 2 semicírculos, se denomina :
Línea de resistencia pura $Z = R \pm j 0$, es decir, la reactancia es cero,
ó línea de conductancia pura $Y = G \pm j 0$, es decir, susceptancia es cero.



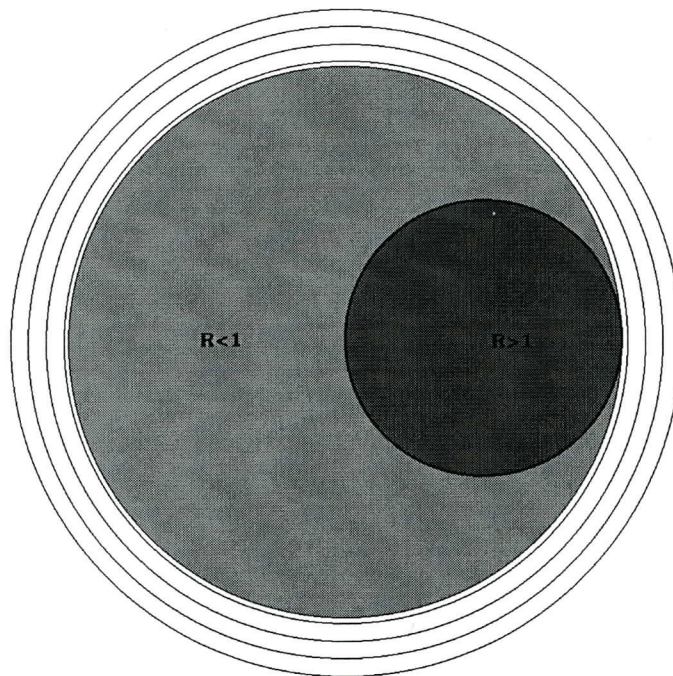
En el caso de impedancias :

- El extremo izquierdo de la línea coincide con la circunferencia exterior o perímetro de la carta, que representa el valor de $R = 0$ (R_L de cero o corto circuito), y por lo tanto $Z_{\text{mín}}$, $V_{\text{mín}}$.
- El extremo derecho de la línea coincide con la circunferencia de valor infinito la cual se reduce a un punto, que representa el valor de $R = \infty$ (R_L de infinito o circuito abierto), y por lo tanto $Z_{\text{máx}}$, $V_{\text{máx}}$.

En el caso de admitancias :

- El extremo izquierdo de la línea coincide con la circunferencia exterior o perímetro de la carta, que representa el valor de $G = \infty$ (G_L de infinito o corto circuito), y por lo tanto $Y_{m\acute{a}x}$, $V_{m\acute{m}n}$.
- El extremo derecho de la línea coincide con la circunferencia de valor infinitesimal la cual se reduce a un punto, que representa el valor de $G = 0$ (G_L de cero o circuito abierto), y por lo tanto $Y_{m\acute{m}n}$, $V_{m\acute{a}x}$.

El conjunto de círculos de RESISTENCIA CONSTANTE (R) ó CONDUCTANCIA CONSTANTE (G)



Un parámetro importante es el valor real :

La *resistencia* **R** en el caso de la impedancia y la *conductancia* **G** para el caso de la admitancia, estos valores reales corresponden al conjunto de circunferencias que son tangentes al extremo derecho del perímetro de la carta.

Las circunferencias de *menor* diámetro son de *mayor* valor, y las circunferencias de *mayor* diámetro son de *menor* valor.

La *circunferencia unidad* (de diámetro unitario **R = 1** ó **G = 1**) incluye el centro de la carta, es decir, las circunferencias ubicadas a la derecha de centro son mayores que la unidad y las ubicadas a la izquierda de centro son menores que la unidad.

Otro parámetro significativo es el elemento imaginario :

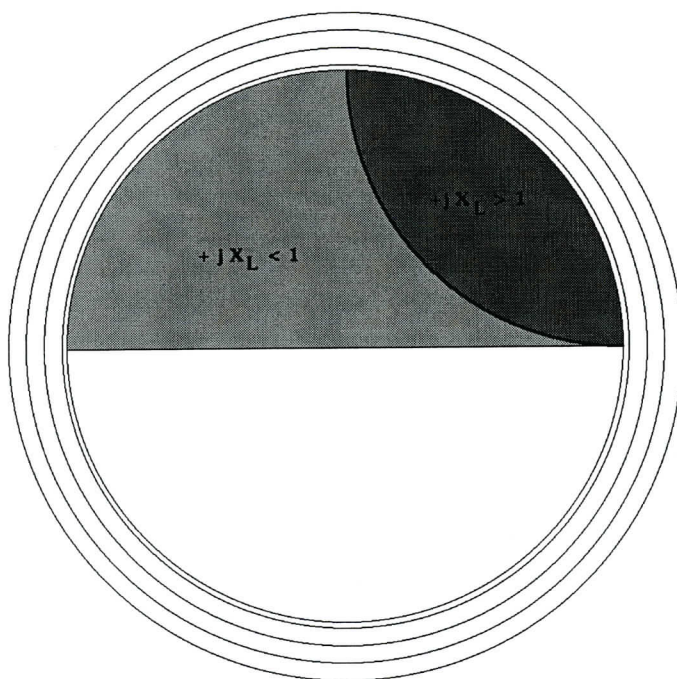
La *reactancia* X_L ó X_C en el caso de la impedancia y la *susceptancia* B_C ó B_L para el caso de la admitancia, estos valores imaginarios corresponden al conjunto de arcos que son tangentes al extremo derecho de la carta

- Los arcos en la mitad superior de la carta representan valores imaginarios POSITIVOS, es decir, cargas con **Reactancia Inductiva** ($+jX$) ó con **Susceptancia Capacitiva** ($+jB$).
- Los arcos en la mitad inferior de la carta representan valores imaginarios NEGATIVOS, es decir, cargas con **Reactancia Capacitiva** ($-jX$) ó con **Susceptancia Inductiva** ($-jB$).

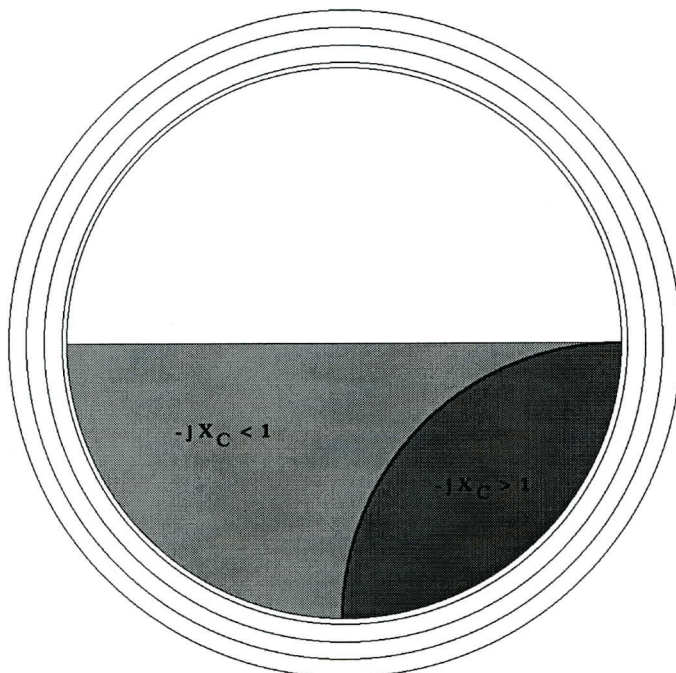
De manera análoga a las circunferencias de Resistencia o Conductancia, los arcos de *menor* radio son de *mayor* valor, y los arcos de *mayor* radio son de *menor* valor.

Dos conjuntos de círculos de reactancia :

**El conjunto de arcos de REACTANCIA CONSTANTE ($+jX$)
ó SUSCEPTANCIA CONSTANTE ($+jB$) POSITIVA.**

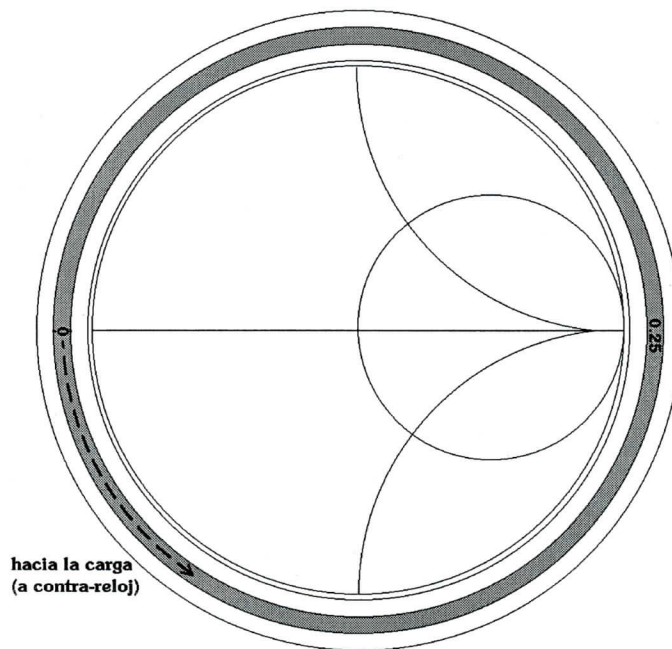
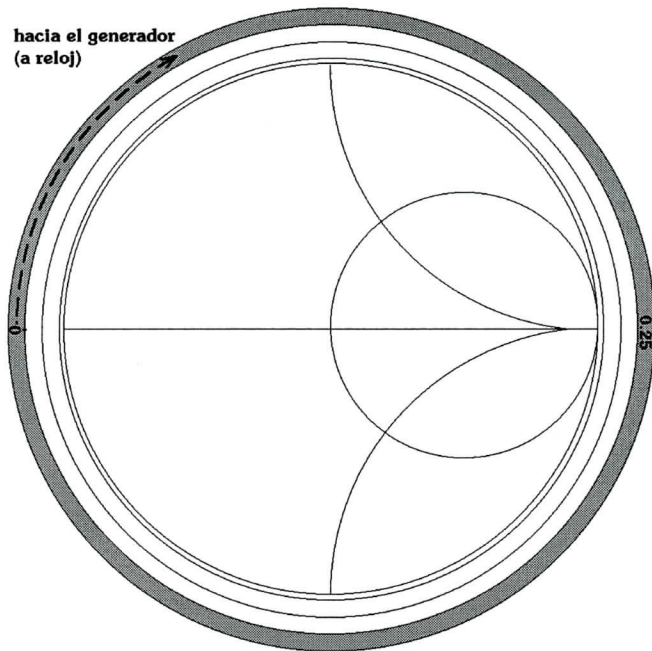


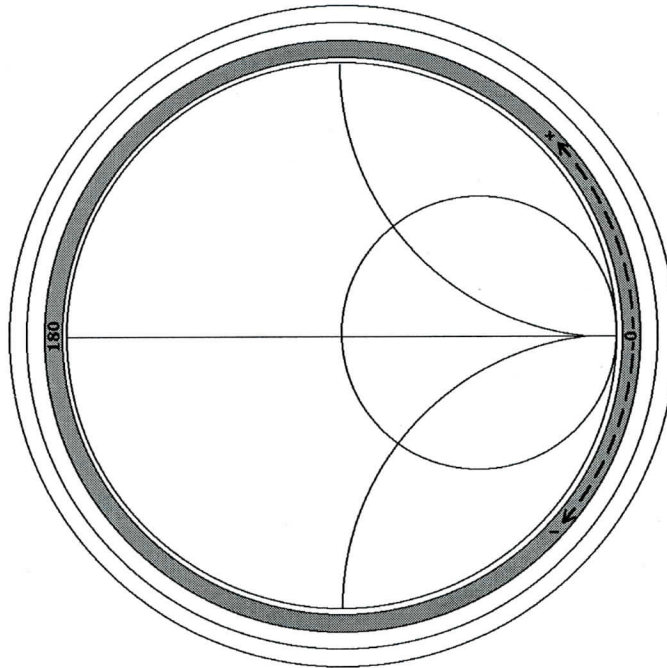
**El conjunto de arcos de REACTANCIA CONSTANTE ($-jX$)
ó SUSCEPTANCIA CONSTANTE ($-jB$) NEGATIVA.**



Existen 3 parámetros que rodean el perímetro de la carta, uno en grados (360°) y los otros 2 están en longitudes de onda (desde $0 \cdot \lambda$ hasta $0.5 \cdot \lambda$):

- Escala de longitudes de onda *hacia el Generador*.
Se mide a partir del extremo izquierdo de la carta y en dirección a reloj. Una vuelta representa media longitud de onda ($\lambda/2$).
- Escala de longitudes de onda *hacia la Carga*.
Se mide a partir del extremo izquierdo de la carta y en dirección a contra-reloj. Una vuelta representa media longitud de onda ($\lambda/2$).
- Escala de *ángulo* del coeficiente de reflexión.
Se mide a partir del extremo derecho, donde la mitad superior es para valores de 0° a $+180^\circ$ y mitad inferior es para valores de 0° a -180°





Existen 4 parámetros que se localizan abajo de la carta, los cuales están en escalas radiales, las cuales se miden del centro de la carta hacia alguno de sus extremos:

Del centro de la carta a su extremo derecho para medir REFLEXIÓN

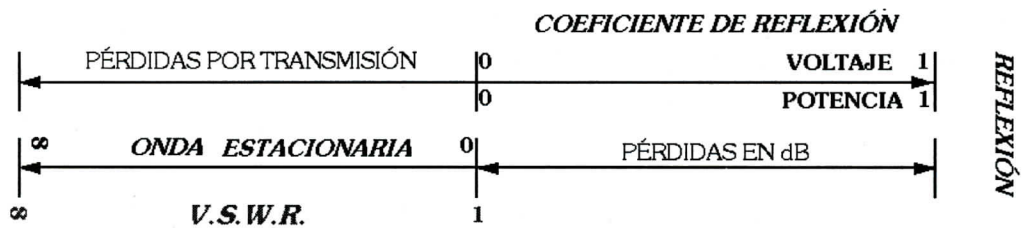
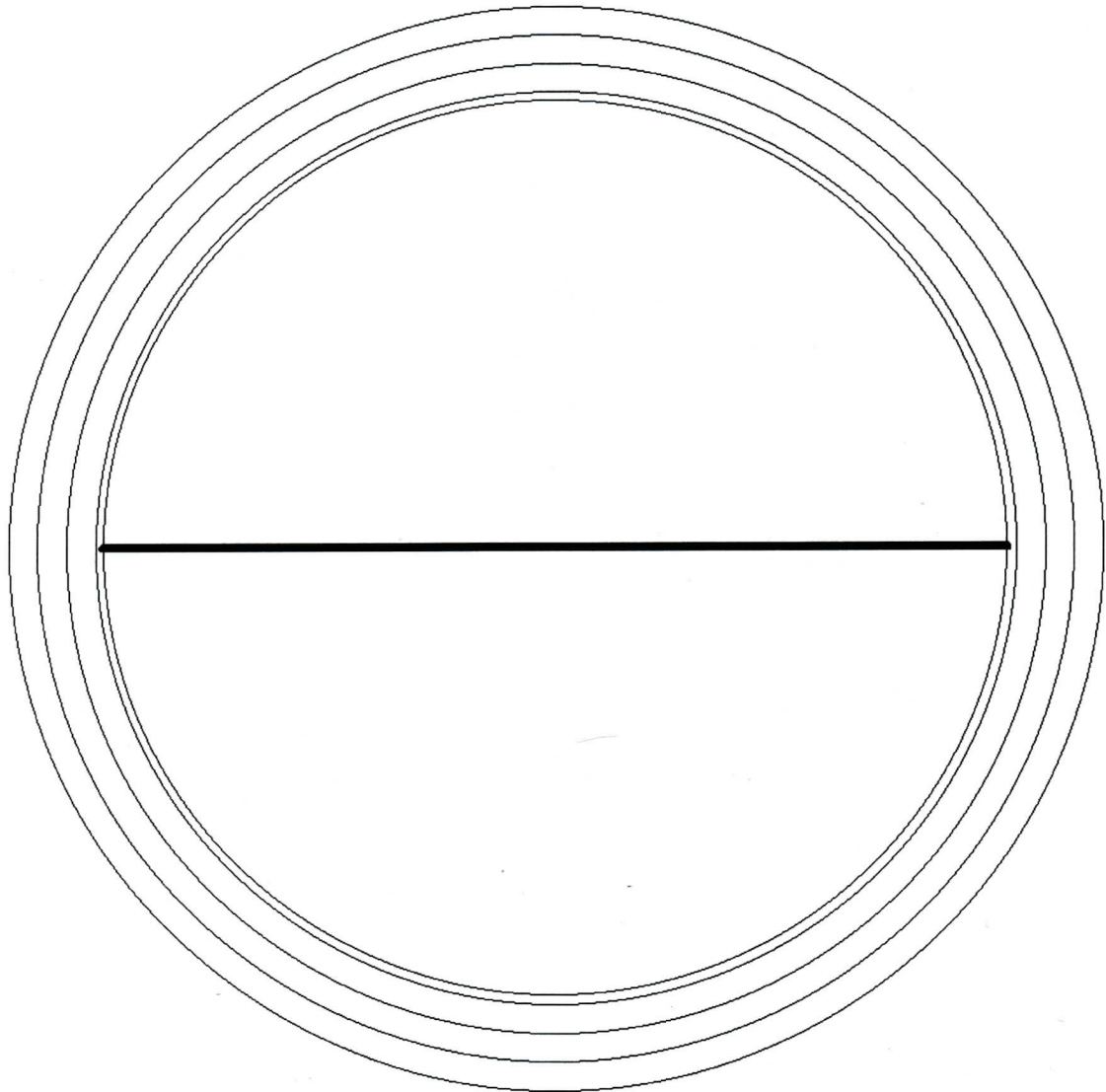
- En la parte superior para medir **magnitud del coeficiente de reflexión**.
(en base a voltajes y en base a potencias)
- En la parte inferior para medir **pérdidas en Decibeles [dB]**.
(retorno y reflexión)

Del centro de la carta a su extremo izquierdo

- En la parte superior para medir **pérdidas por transmisión**.
- En la parte inferior para medir **onda estacionaria**.
(en relación de voltaje **VSWR** y en [dB])

De estas últimas 4 escalas, las que se emplean con mayor frecuencia son :

- VSWR, **Relación de onda estacionaria de voltaje**
- **magnitud del coeficiente de reflexión**



CARTA DE PHILLIP H. SMITH