

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA, FACULTAD DE INGENIERIA
CURSOS ABIERTOS
CURSO DE SEÑALES, CIRCUITOS Y SISTEMAS DE COMUNICACION.
DEL 11 AL 16 DE ABRIL DE 1994.

FECHA.		HORARIO.		TEMA.	PROFESOR.
LUNES	11	17:00 a 19:00 HORAS. 19:00 a 21:00		INTRODUCCION A SEÑALES Y TECNICAS DE MODULACION. CIRCUITOS DE COMUNICACION. FUNDAMENTOS DE TELEVISION.	M. en C. AMANDA GOMEZ GONZALEZ. ING. JORGE CEJA CAYETANO.
MARTES	12	17:00 a 21:00	"	RADIACION Y ANTENAS.	ING. ALFONSO AGUILAR BISTRAIN.
MIÉRCOLES	13	17:00 a 21:00	"	GUIA DE ONDA Y RESONADORES.	M. en C. AMANDA GOMEZ GONZALEZ.
JUEVES	14	17:00 a 21:00	"	TECNICAS DE MODULACION DIGITAL. ENCRIPCION DE DATOS. INTERFACE DE COMPUTADORAS. CODIFICACION.	M. en I. ARTURO HARO RUIZ. M. en I. ARTURO GONZALEZ MELGAREJO. ING. ROMAN OSORIO COMPARAN. M. en I. MARIO PEÑA CABRERA.
VIERNES	15	17:00 a 21:00	"	TECNICAS DE MODULACION DIGITAL. ENCRIPCION DE DATOS. INTERFACE DE COMPUTADORAS. CODIFICACION.	M. en I. ARTURO HARO RUIZ. M. en I. ARTURO GONZALEZ MELGAREJO. ING. ROMAN OSORIO COMPARAN. M. en I. MARIO PEÑA CABRERA.
SÁBADO	16	10:00 a 14:00	"	REDES DE TELEFONIA ANALOGICA Y DIGITAL.	ING. ITHANDEHUI AZIYADEE MESINAS.

COORDINADORA: M. EN C. AMANDA O. GOMEZ.

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO: DE SEÑALES, CIRCUITOS Y SISTEMAS DE COMUNICACION.

FECHA: DEL 11 AL 16 DE ABRIL DE 1994.

		DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION)	PUNTUALIDAD
CONFERENCISTA					
1	M. EN C. AMANDA GOMEZ CONZALEZ.				
2	ING. JORGE CEJA CAYETANO.				
3	ING. ALFONSO AGUILAR BISTRAN.				
4	M. EN I. ARTURO HARO RUIZ.				
5	M. EN I. ARTURO GONZALEZ MELGAREJO.				
6	ING. ROMAN OSORIO COMPARAN.				
7	M. EN I. MARIO PEÑA CABRERA.				
8	ING. ITHANDEHUI AZIYADEE MESINAS.				
ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10					

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

SU EVALUACION SINCERA NOS AYUDARA A MEJORAR LOS PROGRAMAS POSTERIORES QUE DISEÑAREMOS PARA USTED.

CURSO DE SEÑALES, CIRCUITOS Y SISTEMAS DE COMUNICACION.

FECHA: DEL 11 AL 16 DE ABRIL DE 1994.

T E M A	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA	
1 INTRODUCCION A SEÑALES Y TECNICAS DE MODULACION.					
2 CIRCUITOS DE COMUNICACION.					
3 FUNDAMENTOS DE TELEVISION.					
4 RADIACION Y ANTENAS.					
5 GUIA DE ONDA Y RESONADORES.					
6 TECNICAS DE MODULACION DIGITAL.					
7 ENCRIPCION DE DATOS.					
8 INTERFACE DE COMPUTADORAS.					
9 CODIFICACION.					
10 REDES DE TELEFONIA ANALOGICA Y DIGI- TAL.					
ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10					

EVALUACION DEL CURSO

C O N C E P T O		
1.	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL CURSO	
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO EN EL CURSO	
EVALUACION TOTAL		

ESCALA DE EVALUACION: 1 A 10

1.- ¿Qué le pareció el ambiente en la División de Educación Continua?

MUY AGRADABLE

AGRADABLE

DESAGRADABLE

2.- Medio de comunicación por el que se enteró del curso:

PERIODICO EXCELSIOR
ANUNCIO TITULADO DE
VISION DE EDUCACION
CONTINUA

CARTEL MENSUAL

REVISTAS TECNICAS

PERIODICO NOVEDADES
ANUNCIO TITULADO DE
VISION DE EDUCACION
CONTINUA

RADIO UNIVERSIDAD

FOLLETO ANUAL

FOLLETO DEL CURSO

COMUNICACION CARTA,
TELEFONO, VERBAL,
ETC.

CARTELERA UNAM "LOS
UNIVERSITARIOS HOY"

GACETA
UNAM

3.- Medio de transporte utilizado para venir al Palacio de Minería:

AUTOMOVIL
PARTICULAR

METRO

OTRO MEDIO

4.- ¿Qué cambios haría en el programa para tratar de perfeccionar el curso?

5.- ¿Recomendaría el curso a otras personas? SI NO

5.a. ¿Qué periódico lee con mayor frecuencia?

6.- ¿Qué cursos le gustaría que ofreciera la División de Educación Continua?

7.- La coordinación académica fué:

EXCELENTE

BUENA

REGULAR

MALA

8.- Si está interesado en tomar algún curso INTENSIVO ¿Cuál es el horario más conveniente para usted?

LUNES A VIERNES
DE 9 a 13 H. Y
DE 14 A 18 H.
(CON COMIDAD)

LUNES A
VIERNES DE
17 a 21 H.

LUNES A MIERCOLES
Y VIERNES DE
18 A 21 H.

MARTES Y JUEVES
DE 18 A 21 H.

VIERNES DE 17 A 21 H.
SABADOS DE 9 A 14 H.

VIERNES DE 17 A 21 H.
SABADOS DE 9 A 13 H.
DE 14 A 18 H.

OTRO

9.- ¿Qué servicios adicionales desearía que tuviese la División de Educación Continua, para los asistentes?

10.- Otras sugerencias:



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

SEÑALES CIRCUITOS Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES

INTRODUCCION

M en C. AMANDA GOMEZ GONZALEZ

1 9 9 4

SISTEMAS SEÑALES Y CIRCUITOS DE COMUNICACION

AMANDA GÓMEZ GONZÁLEZ

OBJETIVO DEL CURSO

Existen diversas formas de comunicación, desde las más primitivas, hasta las últimas con alto grado de sofisticación, como son las comunicaciones digitales con códigos correctores de errores y encriptación.

Los tipos más comunes de comunicación se pueden dividir en analógicas y digitales, aclarando que para cada caso, los circuitos, medios y sistemas de comunicación varían.

En este curso tenemos como objetivo en recordar los tipos de sistemas de telecomunicación actuales, los medios de comunicación, los circuitos empleados y las diversas señales tratadas.

El interés que los trae a un curso como este es realizar telecomunicaciones más eficientes, actualizarnos en los diversos medios utilizados e investigar algunas de las aplicaciones mayormente tratadas como son: satélite, fibra óptica, comunicaciones espaciales y telefonía celular.

A continuación se hace una ligera descripción de los objetivos de cada sección en donde se contempla principalmente una aplicación práctica

Sería imposible comenzar a hablar de ondas electromagnéticas sin antes tener claro lo que es una onda propagada en el espacio libre y en cualquier medio por lo que el inicio de este curso es un recordatorio de ondas y medios de propagación, cabe aclarar que hemos evitado al máximo el rigorismo matemático para ser más aplicativo, sin restarle importancia a la teoría, por lo que al final de cada sección aparece una bibliografía apropiada para cada tema, sabiendo de antemano que el curso es lo suficientemente sólido como para aclarar por sí solo las dudas prácticas de los temas tratados.

Las señales de comunicación pueden ser analógicas y digitales, y regularmente se pretenden tales señales para enviar una portadora, las señales puede ser: voz, datos, video o audio, las cuatro opciones anteriores pueden ser moduladas en forma analógica o digital, por lo que cuando se manejan señales, conviene recordar un poco de la forma de

representar las señales en el espacio , en la frecuencia , el uso de la transformada de Fourier, el manejo de la convolución, el teorema de muestreo y los filtros, incluido ésto en la sección referente a señales.

Las señales se modulan para poder ser enviadas en una portadora asignada en el espectro, porque por poner un ejemplo un tanto burdo, supongamos que hablamos para comunicarnos con un interlocutor, cuando la distancia es pequeña, lo que puede impedir que se reciba la señal es ruido ambiental, digamos otras personas hablando cerca de nosotros, ahora imaginemos ésto mismo a una distancia mayor y con mas señales, por ejemplo con altavoces y esto se complicaría, por lo mismo , aprovechando las propiedades de las ondas que se propagan en cualquier medio (siempre y cuando no sea aislante o dieléctrico para esta frecuencia) se puede enviar una señal cuya portadora sea de cualquier frecuencia asignada y reestructurar la señal a miles de kilometros de distancia, por lo que la calidad de la recepción depende de diversos factores : medio, electrónica y antena.

Cuando se habla de modulación de señales conviene aclarar que para eso se requiere un canal, y canal significa una señal que cubre un ancho de banda, por lo que un punto a aclara es canales de comunicacion , anchos de banda y densidad de potencia por canal modulado.

Un Sistema de comunicaciones se compone de tres elementos fundamentales que són el transmisor, el medio y el receptor .

Ahora bien, cada parte de un sistema de comunicaciones cuenta con una electrónica asociada, para los moduladores, osciladores, transmisores, amplificadores, receptores, filtros etc. por lo que la segunda parte de este curso es el manejo electrónico de cada uno de los circuitos requeridos en el enlace y es claro que se manejaran circuitos reales cuyos componentes son de acceso en el mercado ya que se pretende que el estudiante pueda identificar en un circuitos de comunicacion las diversas partes que lo componen.

Las ondas se propagan por diversos medios, el más usual es el espacio libre, más sin embargo existen otros en los cuales se deben hacer ciertas consideraciones para su transporte: pérdidas, defasamientos, ruidos etc

El cable, la fibra óptica, guias de onda y resonadores, las microtiras y otras constituyen las líneas de transmisión.

Se hace hincapie en las guías de onda y su diseño por auxilios gráficos para en el rango de microondas se realicen capacitancias, inductancias, resistencias y acopladores de impedancia.

Las antenas representan la interfaz entre el circuito y el medio de transmisión por lo que le dedica toda una sección desde el principio de un radiador primario, los dipolos, los arreglos, los acoplamientos y las antenas para frecuencias de microondas y ondas milimétricas, para cada caso se hará una descripción de los principios de operación y los parámetros que se deben tener en consideración para decidir la calidad requerida en un enlace, los patrones de radiación y el tipo de acoplamiento deseado.

Se ha dedicado un capítulo en especial al respecto de comunicaciones digitales y aplicaciones, considerando que para tal efecto se requiere conocer las posibilidades de modulado y multicanalizado de una señal originalmente analógica, PCM, PSK, QPSK, BPSK son algunas de las técnicas analizadas.

Las aplicaciones se han pensado que sean las más ilustrativas de la potencialidad de utilizar comunicaciones digitales, el manejo del error, las técnicas de codificación, el mejoramiento de la calidad de la señal y los resultados obtenidos con técnicas de corrección de error y redes.

Un punto que resulta de gran actualidad es el referente a televisión, principalmente el enfocado a televisión de alta resolución, y las posibles normas manejadas hasta la fecha, para comprender de forma clara estas normas se debe tener en cuenta los fundamentos de televisión analógica y de resolución media, por lo que se estudiarán los estándares, los requerimientos, la sincronía y el barrido, lo relacionado con el ancho de banda y los circuitos detectores, con el objetivo de hacer la comparación con esta técnica y la propuesta en años recientes y los problemas de compatibilidad.

Una de las forma más usual de comunicación a larga distancia ha sido desde su comercialización, la telefonía, más sin embargo ella misma ha cambiado y en pocos años la telefonía celular ha complementado y expandido el alcance de la telefonía tradicional, por lo que las redes telefónicas tratadas en este curso incluyen las tradicionales de la red telefónica nacional y las de la telefonía celular, se analizarán los alcances y limitaciones de ambos casos y se verán las tendencias de ambos tipos de enlace.

SEÑALES

Las señales se pueden dividir en dos grandes grupos : analógicas y digitales una señal analógica es una señal cuya representación en el plano de tiempo se manifiesta como una variable $f(t)$, mientras que la señal digital se representa como una serie de niveles que pueden variar solo y abruptamente de 0 a 1 ó -1

Las señales analógicas tienen a su vez una subdivisión que es la de discretas y continuas

La figura 1 muestra una señal analógica continua en el tiempo

$$f(t) = 2 \cos \omega t + 1$$

de $-\infty$ a ∞

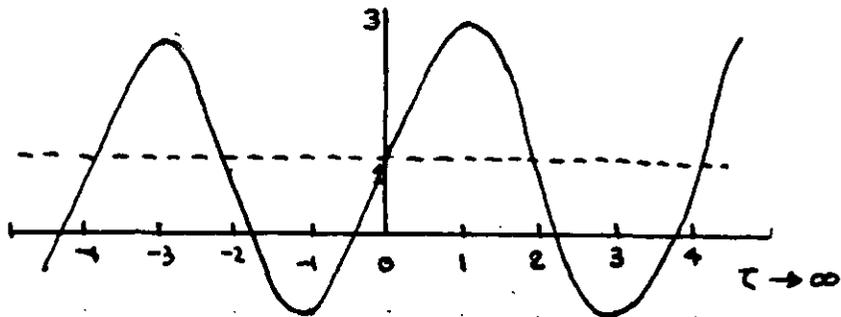


Figura 1

cuando una señal no es continua, se debe de especificar el periodo en donde cumple con la forma digamos de $-t$ a t , como se muestra en la figura 2

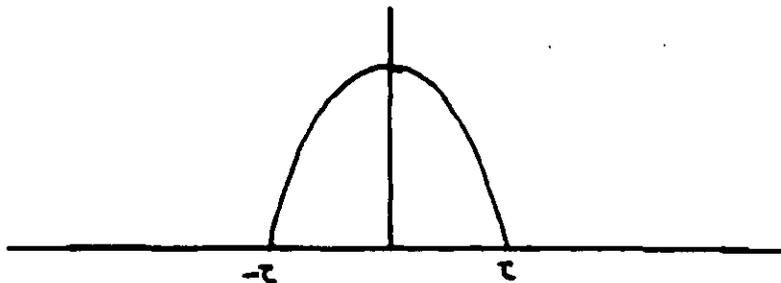


Figura 2

Para el manejo de las señales en el plano de el tiempo, resulta un tanto difícil de identificar los componentes espectrales para ser utilizados los filtros, osciladores y demas elementos que requieran identificación de señales, por lo que se emplea la representación en frecuencia

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

ahora bien, una señal por ejemplo un coseno o un seno, tiene una sola frecuencia en que se manifiesta en el plano de la frecuencia

La figura 3 ilustra una función seno ωt tanto en tiempo como en frecuencia.

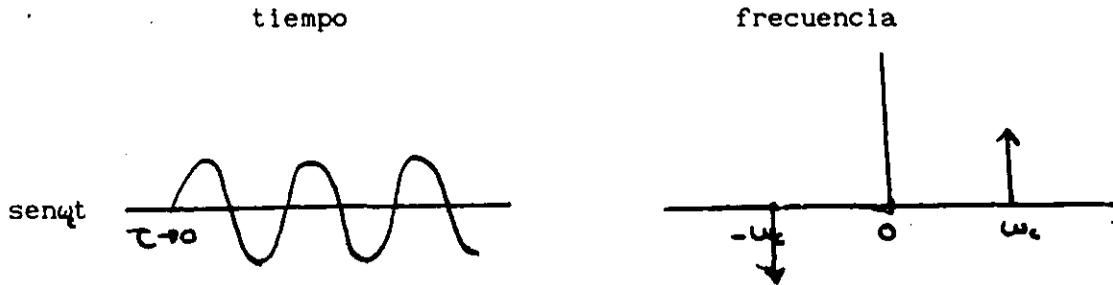


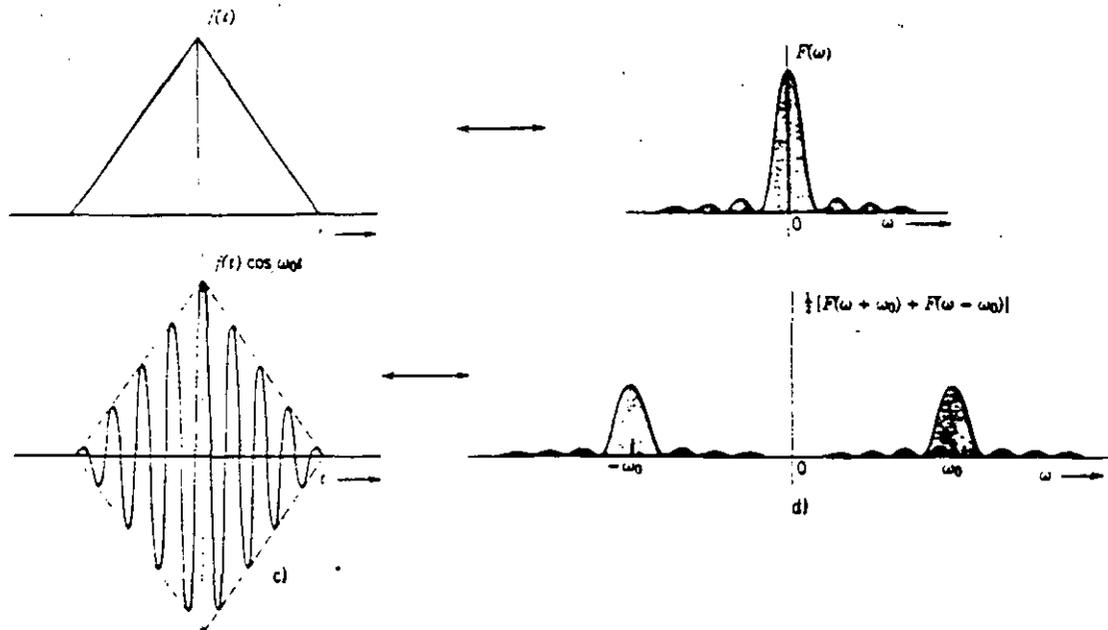
Figura 3

una señal cuyos componentes de frecuencia no sean una sola frecuencia se verá plasmado como una serie de componentes espectrales como se muestra en la figura 4 .



Figura 4

una señal triangular cuyas componentes en la frecuencia se muestran en la figura 5, cuando se modula o multiplica con una señal senoidal de frecuencia única, se manifiesta como una señal igual que la triangular solo que desplazada a los lugares donde se encuentran las componentes de la senoidal



Una señal pulsante, tiene sus componentes en frecuencia como una sinc y si esta señal se multiplica por una señal senoidal de frecuencia constante, el comportamiento es dos sinc desplazadas a la frecuencia donde se encontraba la señal seno en el plano de la frecuencia

Esto anterior es la forma de ver como es que al modular señales cuyas componentes espectrales se pueden identificar, se pueden desplazar a la frecuencia que se nos asigne en el espectro

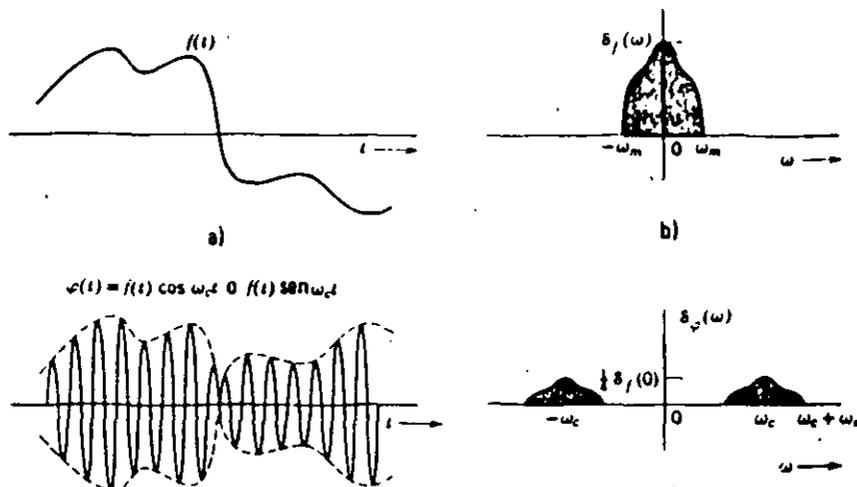


Figura 6

la figura 6 muestra una señal de voz con su representación en la frecuencia y la misma señal modulada y su representación en el tiempo y en la frecuencia.

Algunas propiedades útiles de las señales son:

simetría: existiendo una señal en el tiempo, tiene una equivalente en frecuencia y viceversa

$$f(t) \leftrightarrow F(\omega)$$

$$F(t) \leftrightarrow 2\pi f(-\omega)$$

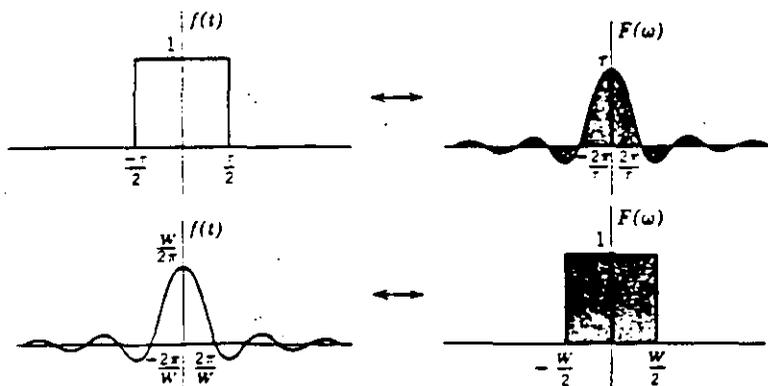


Figura 7

linealidad

$$f_1(t) \leftrightarrow F_1(\omega)$$

$$f_2(t) \leftrightarrow F_2(\omega)$$

por lo que la suma de señales en el tiempo equivalen a la suma de señales en la frecuencia

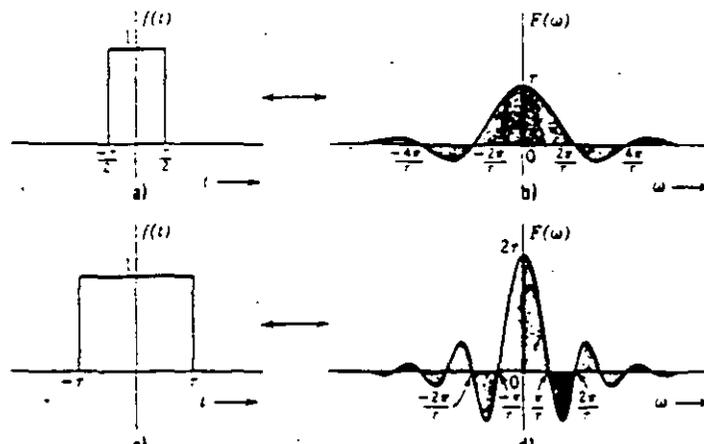
$$f_1(t)+f_2(t) \leftrightarrow F_1(\omega)+F_2(\omega)$$

Escalar

siendo a una constante real

$$f(at) \leftrightarrow \frac{1}{|a|} F(\omega/a)$$

por lo que se por ejemplo, expandimos en tiempo, equivale a comprime en frecuencia ejemplo en la figura 8



Desplazamiento en frecuencia

$$f(t)e^{j\omega_0 t} \leftrightarrow F(\omega - \omega_0)$$

en comunicaciones, el proceso de multiplicar una señal por una frecuencia implica el desplazamiento del espectro y a esto se le denomina modulación Figura 9

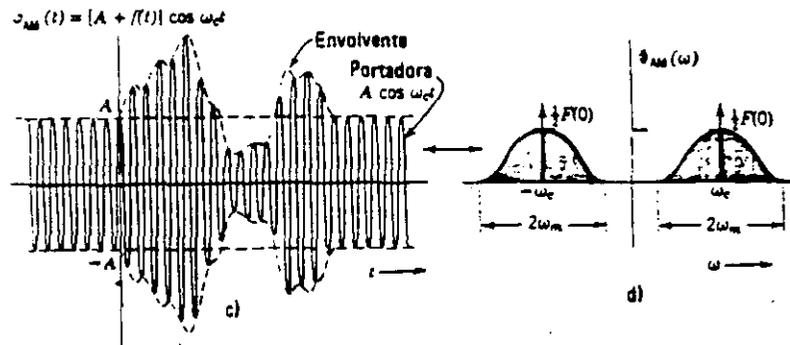


Figura 9

Desplazamiento en tiempo

$$f(t-t_0) \leftrightarrow F(\omega) e^{-j\omega t_0}$$

esto significa que cuando una señal se retarda t_0 segundos, la amplitud de la manifestación espectral no se altera, pero si la fase esto se ve mas

claro si pensamos en una señal que viaja por el espacio desde una distancia grande con respecto a la longitud de onda, la señal se ve alterada en su tiempo de llegada por algunos factores, digamos ionosfera, cerros o edificios, cuando la señal llega, existe un defasamiento en ella, tal vez no sea significativo si pensamos en una sola señal, pero cuando enviamos señales que se propagan en el espacio, por efecto del mismo radiador(antena) la señal total es el conjunto de señales que forman un patrón de radiación y ahí se pueden encontrar problemas de fase.

Teorema de convolución

dadas dos funciones $f_1(t)$ y $f_2(t)$ las podemos integrar de la forma siguiente

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(\tau) f_2(t-\tau) d\tau$$

entonces podemos tener una representación tanto en tiempo como en frecuencia

$$\int_{-\infty}^{\infty} f_1(\tau) f_2(t-\tau) d\tau \leftrightarrow F_1(\omega) F_2(\omega)$$

$$f_1(t) f_2(t) \leftrightarrow 1/2\pi [F_1(\omega) * F_2(\omega)]$$

cuando se tienen dos señales multiplicadas en la frecuencia, su representación es la convolución en tiempo y viceversa

interpretación gráfica de la convolución figura 10

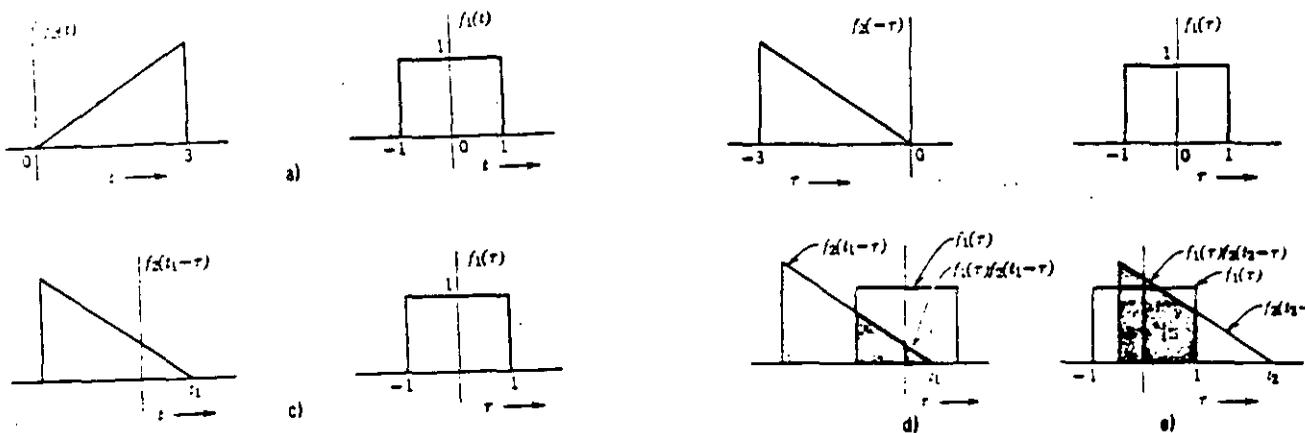


Figura 10

Una vez conocidas las propiedades de las señales tenemos que tener claro donde está cada señal en el espectro de frecuencias, que al final es lo que se nos asigna cuando solicitamos el uso del espectro radioelctrico. La figura 11 es la división del espectro radioelctrico

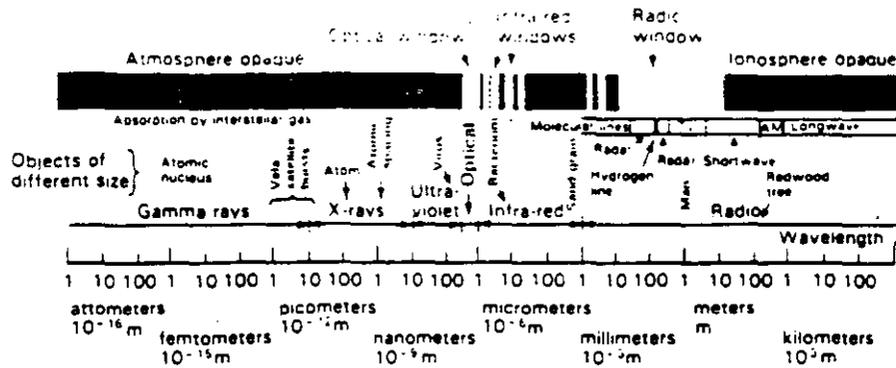


Figura 11

Trasmisión de señales

Los sistemas lineales están caracterizados por el principio de superposición esto implica que si $r_1(t)$ es la respuesta a la función de excitación, $f_1(t)$ y $r_2(t)$ la respuesta a la función de excitación $f_2(t)$, entonces la respuesta a la función de excitación $f_1(t) + f_2(t)$ será $r_1(t) + r_2(t)$. Este es el postulado del principio de superposición. En general la respuesta de un sistemas lineal a la función de excitación $\alpha f_1(t) + \beta f_2(t)$ está dada por $\alpha r_1(t) + \beta r_2(t)$, siendo α y β constantes arbitrarias.

Para determinar la respuesta de un sistema lineal a una función de excitación dada, se puede emplear el anterior principio.

Si suponemos que una función continua puede ser representada como un conjunto de impulsos, la respuesta de cualquier sistema se puede evaluar como la respuesta al impulso.

$$f(t) = f(t) * \delta(t) = \int f(\tau) \delta(t - \tau) d\tau$$

si ahora pensamos en que los impulsos son discretizados, la integral ahora es una sumatoria

$$f(t) = \lim_{\Delta\tau \rightarrow 0} \sum [f(\tau) \Delta\tau] \delta(t - \tau)$$

lo que nos indica que $f(t)$ es una suma de impulsos; localizado cada impulso en $t = \tau$ y con una intensidad de $f(\tau) \Delta\tau$

si $h(t)$ es la respuesta de un sistema a un impulso unitario $\delta(t)$, podemos

poner la ecuación anterior.

$$r(t) = \lim_{\Delta\tau \rightarrow 0} \sum_{-\infty}^{\infty} [f(\tau)\Delta\tau] h(t-\tau)$$
$$\int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)h(t-\tau)d\tau$$

$f(t)*h(t)$ la cual es el teorema de convolución

$$R(\omega)=F(\omega)H(\omega)$$

ésto tal vez no nos indica nada si no lo identificamos como algo puramente aplicativo, digamos un filtro ,cuando conocemos como se comporta un circuito con respecto a la frecuencia, aunque no sepamos lo que contenga, podemos saber cual va a ser el resultado de una señal que pasa por el circuito.

Ancho de banda de un sistema:

En general la constancia de la magnitud de $H(\omega)$ de un sistema queda especificado por su ancho de banda. Se define arbitrariamente el ancho de banda del sistema como el intervalo de frecuencia en el cual la magnitud $H(\omega)$ es mayor que $1/\sqrt{2}$ multiplicado por el valor en la mitad del intervalo.

El ancho de banda de un sistema cuya grafica se muestra a continuación es de $\omega_2 - \omega_1$. Para tener una transmisión buena se requiere que el ancho de banda sea infinito, pero claro que eso no existe, se puede obtener una transmisión satisfactoria sin distorsión mediante sistemas de anchos de banda grandes pero finitos.

Filtros ideales.

La respuesta de un filtro ideal es aquel que su respuesta en frecuencia sea perfectamente rectangular o sea que corte abruptamente la frecuencia cuya respuesta al impulso sea una sinc, mas esto tampoco es real y los filtros tienen una pendiente en relación a la frecuencia de corte .

FILTRO IDEAL

La figura 12 muestra la respuesta de un filtro ideal

respuesta en frecuencia

tiempo

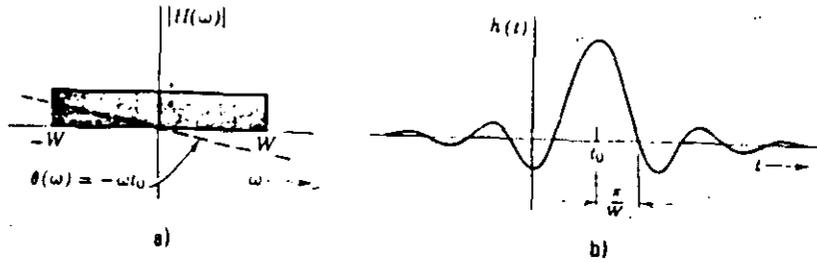


Figura 12

filtro pasa bajo figura 13

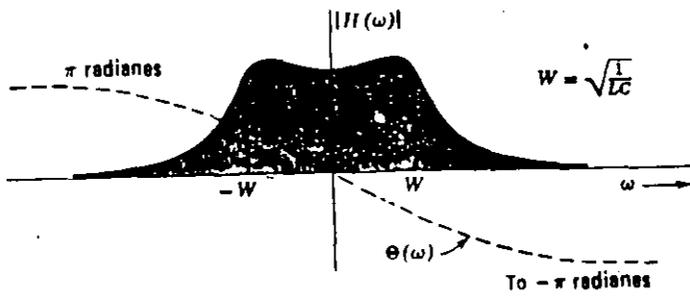


Figura 13

filtro pasa alto figura 14.

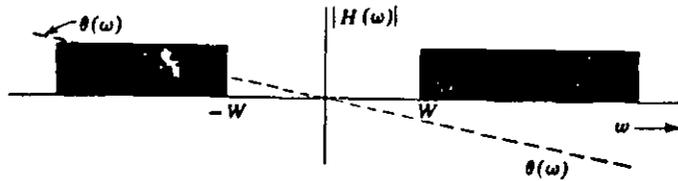


Figura 14

filtro pasa banda en la figura 15

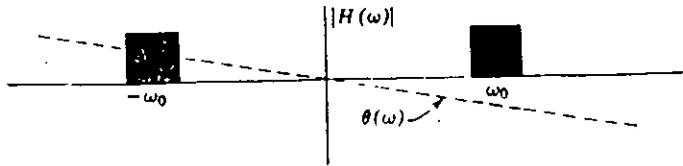


Figura 15

filtro elimina banda en la figura 16

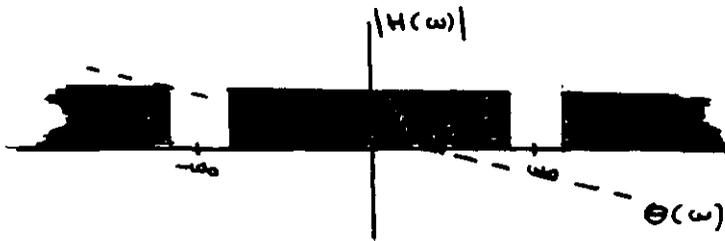


Figura 16

Modulación en amplitud.

En principio lo que se desea es trasladar una señal de la banda base a una frecuencia asignada en el espectro, y poder transmitir, al multiplicar por señal senoidal cuya frecuencia corresponde a la traslación requerida. Por el teorema de la modulación es evidente que el espectro de $f(t) \cos \omega_c t$ es el mismo que de $f(t)$, pero trasladado en $\pm \omega_c$ radianes por segundo

$$f(t) \bullet F(\omega)$$

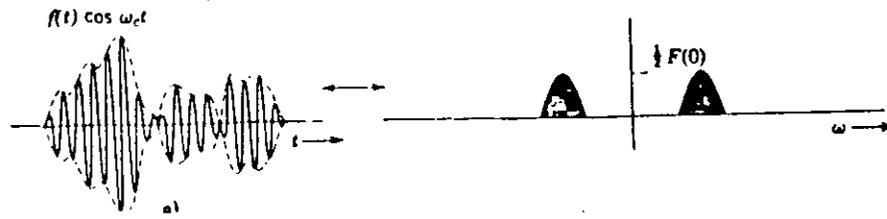
entonces

$$f(t) \cos \omega_c t \bullet 1/2 [F(\omega + \omega_c) + F(\omega - \omega_c)]$$

A la señal $\cos \omega_c t$ se le llama portadora, La multiplicación de $\cos \omega_c t$ por $f(t)$ equivale a variar la amplitud de la portadora en la proporción a $f(t)$.

Se dice que la señal portadora $\cos \omega_c t$ está modulada por la señal modulante $f(t)$. Este modo de transmisión se conoce como *modulación en amplitud con portadora suprimida* (AM-PS) debido a que la señal modulada $f(t) \cos \omega_c t$ no

contiene información adicional ; dicha portadora queda suprimida figura-17



Modulación AM -PS Figura 17

Para restituir la señal modulada a la señal en banda base se hace por un proceso muy parecido dado que se vuelve a multiplicar por una $\cos \omega_c t$ y la señal se vuelve a trasladar a la frecuencia original

$$f(t)\cos^2 \omega_c t = 1/2 f(t) [1 + \cos 2\omega_c t] = 1/2 [f(t) + f(t) \cos 2\omega_c t]$$

por lo que en la frecuencia esto se vería

$$f(t)\cos^2 \omega_c t \leftrightarrow 1/2 F(\omega) + 1/4 [F(\omega + 2\omega_c) + F(\omega - 2\omega_c)]$$

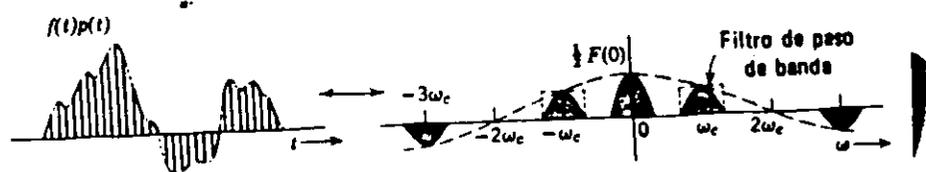


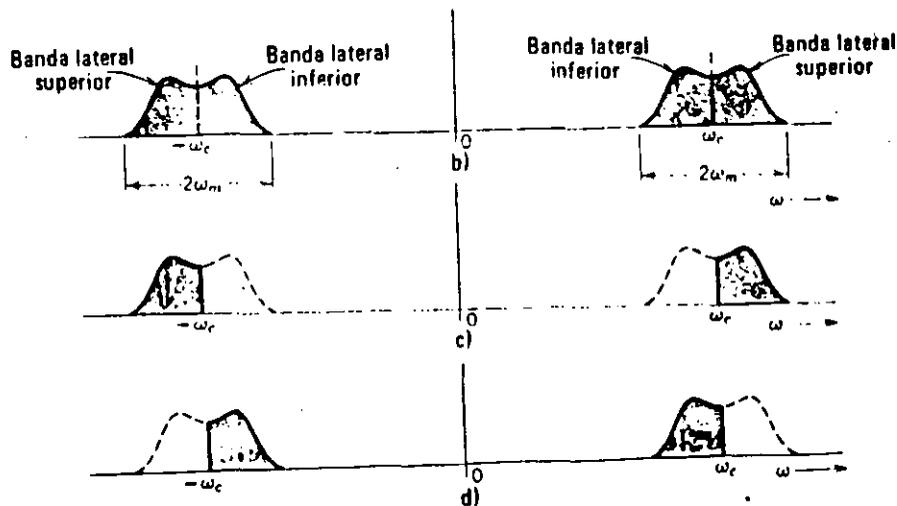
Figura 18

señal recuperada

es evidente que a partir del espectro de la figura 18, se puede recuperar la señal con un filtro pasa bajas que permita recuperar $F(\omega)$ y suprimir las demas frecuencias.

Transmisión por banda lateral única BLU

Cuando tenemos la señal una vez modulada nos podemos dar cuenta que la señal se repite a ambos lados de la frecuencia ω_c por lo que cuando mandamos todo el ancho de banda estamos redundando la información y además ancho de banda implica costo. por lo que si filtramos la información con un filtro pasa banda partiendo de la frecuencia de diseño y hasta el ancho de banda de la señal original, se manda la mitad de la banda anterior. figura 18



modulación con BLU Figura 18

Modulación en fase

En el caso de señales de AM, la amplitud de la portadora se modula con la señal $f(t)$ y por lo tanto la información queda contenida en la variación de la amplitud de la portadora. Como una señal senoidal se describe mediante tres variables, amplitud, frecuencia y fase por lo que se puede modular en frecuencia o en fase.

$$f(t) = A \cos \theta(t)$$

de donde θ es el ángulo de la señal senoidal en función de t . Para una función senoidal ordinaria de frecuencia fija.

$$f(t) = A \cos(\omega_c t + \theta_0)$$

entonces

$$\theta(t) = \omega_c t + \theta_0$$

$$\omega_c = d\theta/dt$$

la frecuencia angular ω_c es constante y está definida por la derivada del ángulo $\theta(t)$; en general, no necesita ser constante. Definamos $d\theta/dt$ como la frecuencia instantánea ω_i que varía con el tiempo. En esta forma establecemos la relación entre el ángulo $\theta(t)$ y la frecuencia instantánea ω_i

$$\omega_i = d\theta/dt$$

$$\theta = \int \omega_i dt$$

por lo que ahora podemos reescribir la $f(t)$

$$\theta(t) = \omega_c t + \theta_0 + k_p f(t)$$

donde k_p es constante y la forma de obtenerla constituye la modulación en fase por lo que una señal $A \cos[\omega_c t + \theta_0 + k_p f(t)]$ representa una portadora modulada en fase.

$$\omega_i = d\theta/dt = \omega_c + k_p df/dt$$

entonces la modulación en frecuencia instantánea varía linealmente con la derivada de la señal modulante.

$$\omega_i = \omega_c + k_f f(t)$$

$$\theta(t) = \int \omega_i dt$$

$$= \omega_c t + k_f \int f(t) dt + \theta_0$$

y la señal $A \cos[\omega_c t + \theta_0 + k_f \int f(t) dt]$ es una portadora modulada en frecuencia podemos encontrarnos FM de banda angosta y de banda ancha y todas dependen del índice de modulación o sea de la constante k_f ya que cuando k_f es muy pequeña o sea menor que 1 se tiene una banda angosta y contiene poca de la información pero cuando no satisface esa condición el análisis es más complicado pero se amplía mucho la banda.

El ancho de banda en un FM es

$$W = 2(\Delta\omega + 2\omega_m)$$

donde $\Delta\omega$ es el índice de modulación y ω_m es el ancho de banda de la banda base.

El comportamiento en frecuencia de una señal modulada es una serie infinita de componentes espectrales como se ilustra en la figura 20.

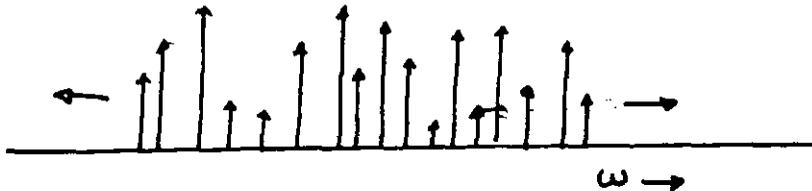


Figura 20

por lo que para elegir el ancho de banda para transmitir debe de ser de acuerdo a el criterio de que t an selectivo y sensible queremos nuestro sistema porque las amplitudes van a estar en función de los componentes de la transformada Bessel

$$\varphi_{FM}(t) = A \sum J_n(mf) \cos(\omega_c + n \omega_m)t$$

y el ancho de banda total queda como

$$W = 2n\omega_m \approx 2mf\omega_m$$

y como $mf = akf/\omega_m = \Delta\omega/\omega_m$

$$W \approx 2mf\omega_m = 2\Delta\omega$$

aunque en realidad queda como

$$W \approx 2(\Delta\omega + 2\omega_m)$$

banda angosta es cuando $\Delta\omega \leq \omega_m$ ya que el ancho de banda queda aproximadamente $2 \Delta\omega$ Diversos espectros de una misma señal variando el índice de modulación se muestran en la figura 21

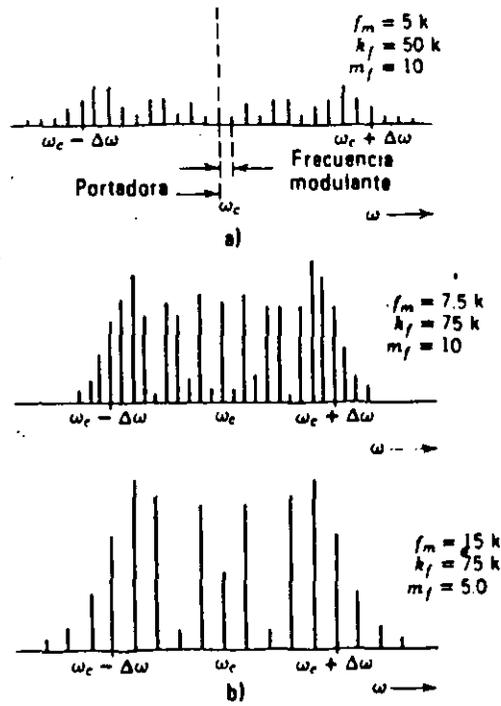


Figura 21

Demodulación de señales de FM

Para recuperar las señales moduladas en FM deberá de disporese de un circuito cuya salida varíe linealmente con la frecuencia de la señal de entrada se les denomina discriminadores de frecuencia. En general son circuitos cuya ganancia varía en función a la frecuencia , el discriminador simple RL una de las alternativas para demodular en FM se muestran en la figura 22.

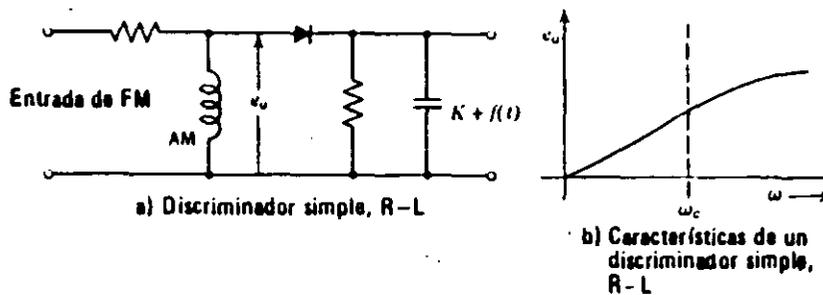


Figura 22

El circuito discriminador entonado es otra posibilidad de demodulación de FM y se ilustra en la figura 23.

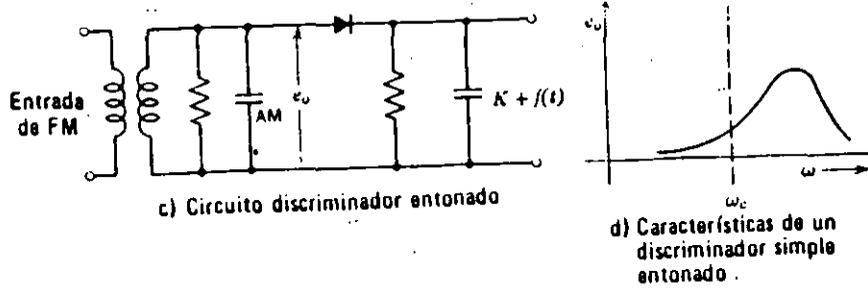


Figura 23

Y por último el circuito discriminador balanceado mostrado en la figura 24.

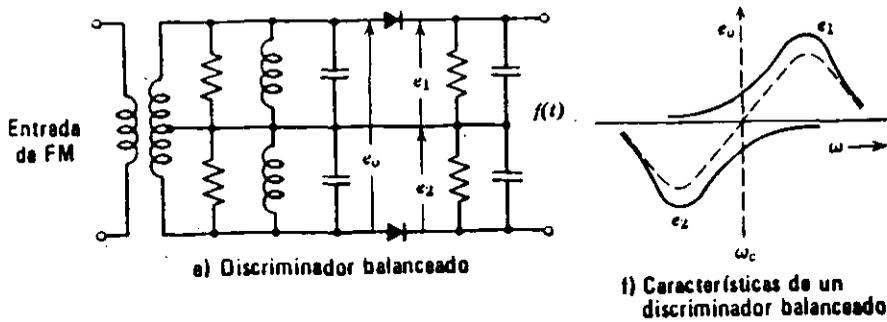


Figura 24



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

SEÑALES, CIRCUITO Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES

**CIRCUITOS DE COMUNICACION FUNDAMENTOS
DE TELEVISION**

Ing. Jorge Ceja Cayetano

OBJETIVOS:

Conocer la electrónica básica para diseñar circuitos para comunicaciones como son:

- *Moduladores AM*
- *Moduladores FM*
- *Mezcladores*
- *Detectores AM*
- *Detectores FM*

Tener un panorama general de los avances de la televisión que ha sufrido con el adelanto tecnológico como es:

- *Estandares*
- *I.D.T.V.*
- *H.D.T.V.*

CIRCUITOS ELECTRONICOS PARA SISTEMAS DE COMUNICACION

JORGE CEJA CAYETANO

Oscilador

El oscilador es un dispositivo que convierte potencia C.D a una señal periódica de potencia C.A. , que puede suministrar una señal de tipo sinusoidal, cuadrada , triangular , etc.

En la Figura 1 se muestra un diagrama a bloques de realimentación conectado como oscilador que suministra un voltaje

$$V_o = \frac{V_{in} G(j\omega)}{1 - G(j\omega)H(j\omega)}$$

La condición en la que se producirá oscilación autosostenida es, la que se describe como un amplificador cuya ganancia de lazo abierto y cuyo factor de realimentación negativa satisface los criterios siguientes:

$$1 - G(j\omega)H(j\omega) = 0$$

dicho de otro modo

$$G(j\omega)H(j\omega) = 1$$

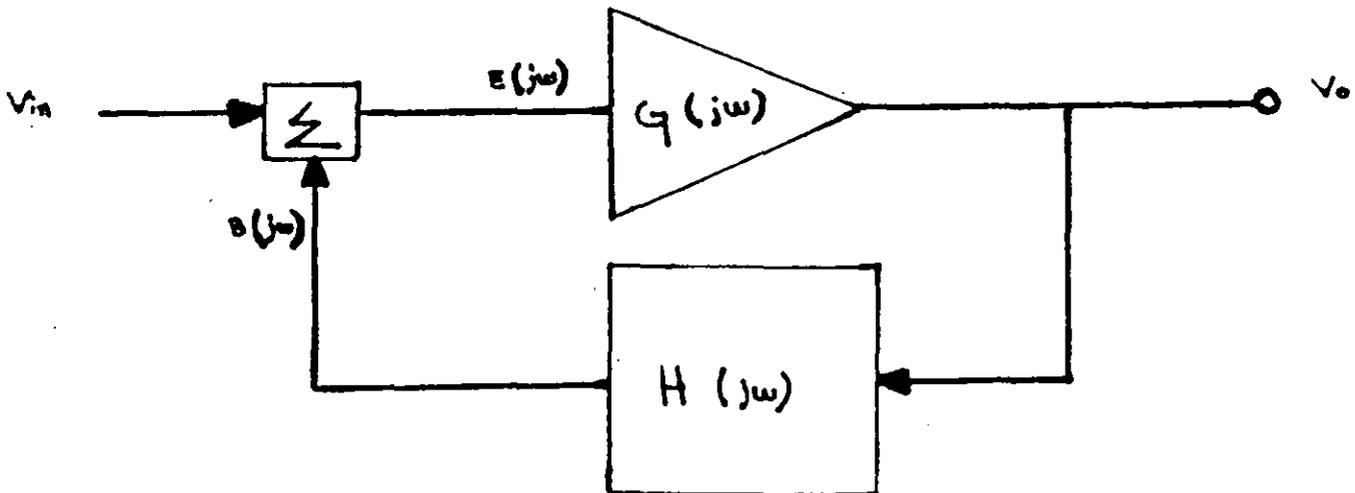


Figura 1

$$V_o = G(j\omega)E(j\omega)$$

$$E(j\omega) = V_{in} + B(j\omega) = V_{in} + H(j\omega)V_o$$

$$V_o = G(j\omega)[V_{in} + H(j\omega)V_o]$$

$$V_o = V_{in} G(j\omega) + V_o H(j\omega) G(j\omega)$$

$$V_o - V_o H(j\omega) G(j\omega) = V_{in} G(j\omega)$$

$$V_o(1 - H(j\omega) G(j\omega)) = V_{in} G(j\omega)$$

$$V_o = \frac{V_{in} G(j\omega)}{1 - G(j\omega)H(j\omega)} \qquad \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{A}{1 - AB}$$

donde A: Ganancia del amplificador

B: Ganancia de realimentación

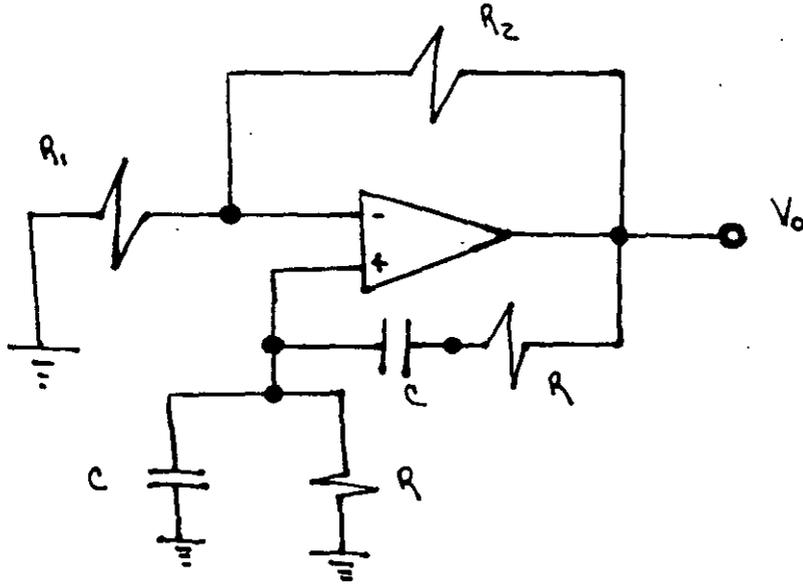
En general el circuito anterior se denomina Barkhausen para la oscilación. En realidad, la realimentación no solo tiene que satisfacer este criterio, sino hacerlo a la frecuencia en la que el circuito de realimentación produce un cambio neto de fase de cero grados. Puesto que tanto $H(j\omega)$ y $G(j\omega)$ son números complejos que incluyen factores de reactancia en el circuito, en resumen:

$$H(j\omega) G(j\omega) = 1 \angle 0^\circ = 1 + j 0$$

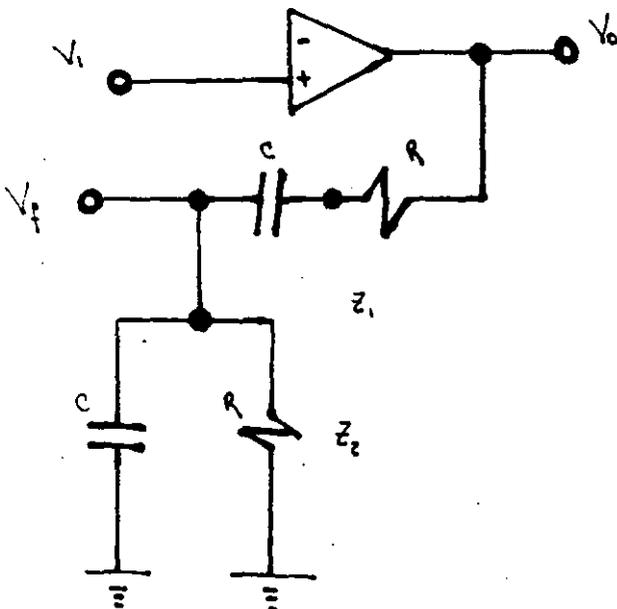
La condición de cambio de fase de cero grados para la oscilación, es en realidad de 360° . El amplificador oscilador invierte típicamente su señal, produciendo un cambio de fase de 180° . La red de realimentación conectada de regreso a un punto de entrada, tiene que producir el cambio de fase adicional de 180° a la frecuencia deseada.

Diseño de Osciladores

Oscilador de puente Wien



para su análisis



$$\frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = A$$

$$\frac{V_f}{V_o} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = \beta, \quad Z_2 = \frac{\frac{R}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$Z_1 = R + \frac{1}{j\omega C}$$

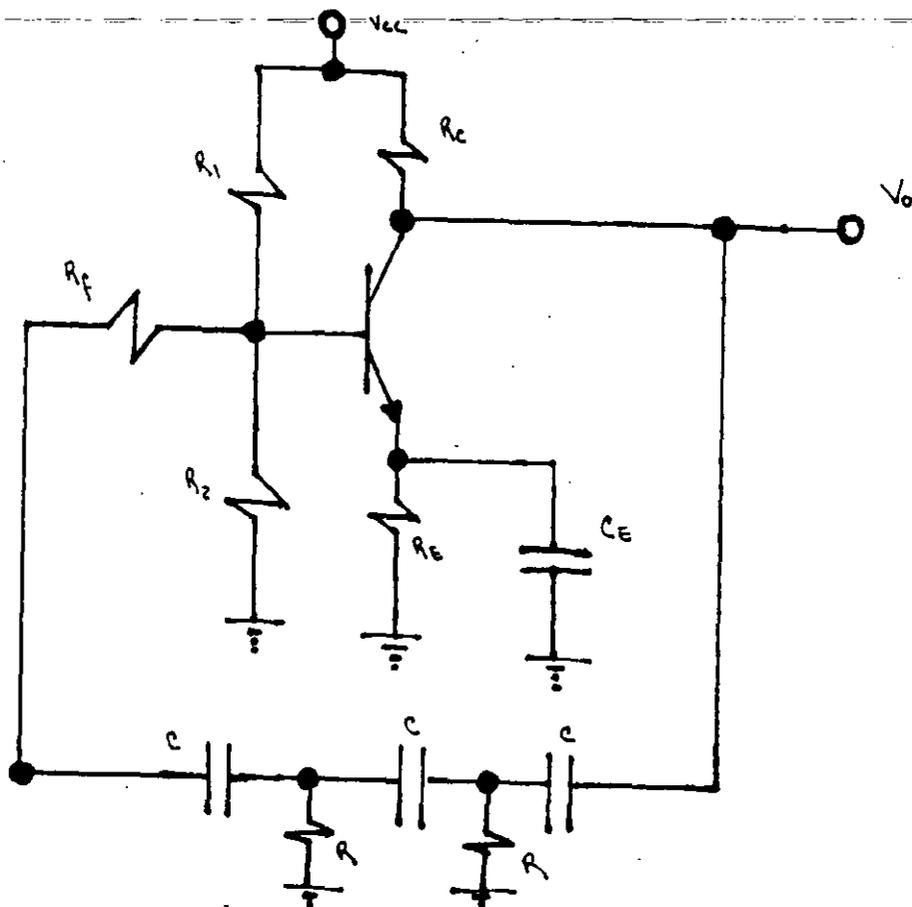
$$\beta A = 1 + j0$$

$$\therefore \omega = \frac{1}{RC}$$

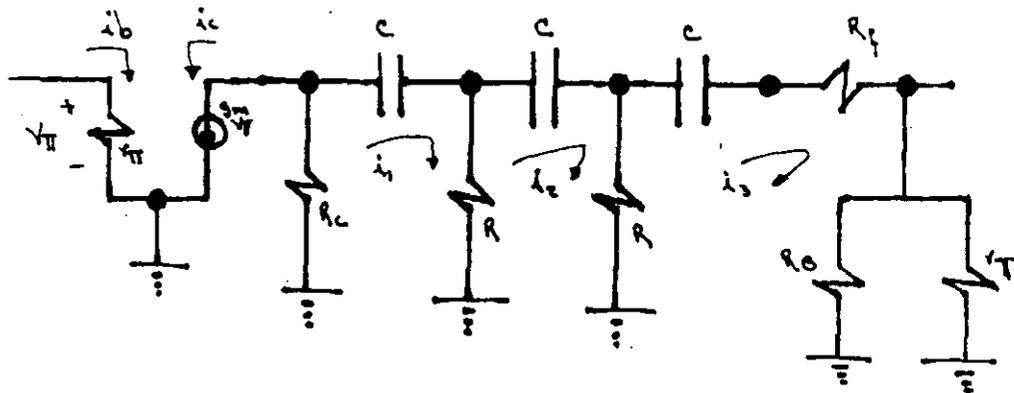
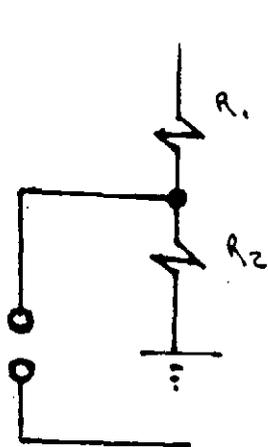
$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 3$$

$$\omega = 2\pi f$$

Oscilador a transistor



para su análisis



$$\beta = \frac{i_c}{i_b}$$

$$A = \frac{i_o}{i_c}$$

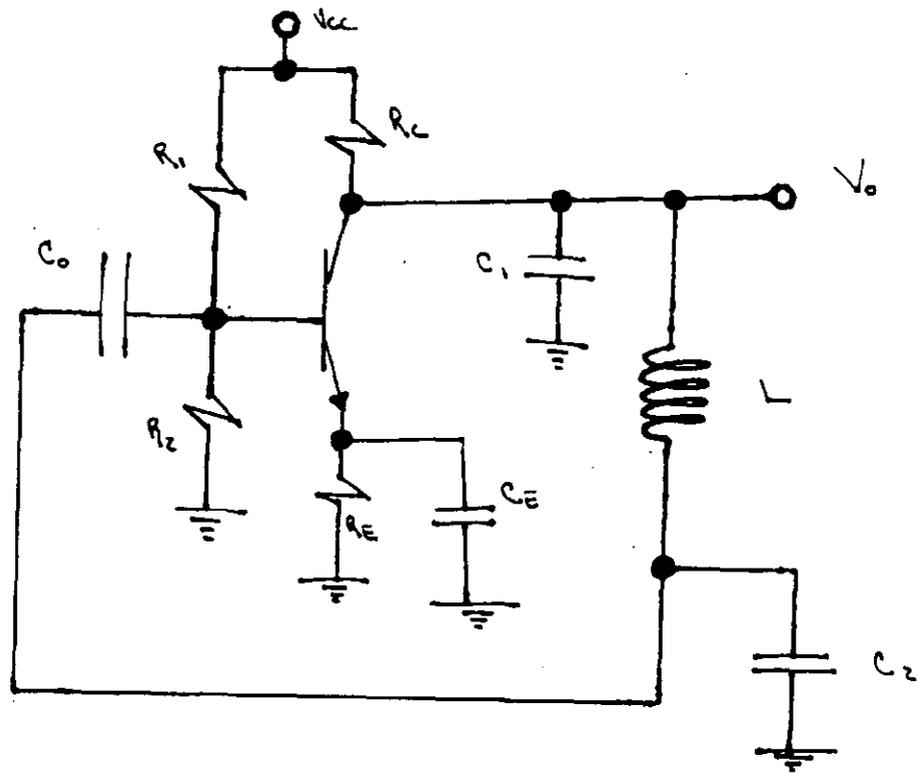
$$R_0 = R_1 \parallel R_2$$

$$R = R_f + R_0 \parallel r_\pi$$

$$\omega_0 = \frac{1}{c \sqrt{4RR_c + 6R^2}}$$

$$h_{FE} = 29 \frac{R}{R_c} + 4 \frac{R_c}{R} + 23$$

Oscilador Colpitts



Diseño

$$AB \geq 1, \quad B = \frac{C_1}{C_2}, \quad A \geq \frac{C_2}{C_1}$$

$$\therefore C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}, \quad X_L = X_C \Rightarrow 2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C}$$

$$f_0^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

\therefore

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

Mezclador

Conceptos: Un mezclador es un dispositivo no lineal que desplaza una señal en el espectro radioeléctrico.

El mezclador es acompañado por otro elemento que es un oscilador, la suma y diferencia de las dos señales son las que aparecen predominantemente a la salida del mezclador, además como la suma y diferencia de los armónicos de la señal de entrada y la señal del oscilador local. Figura 2

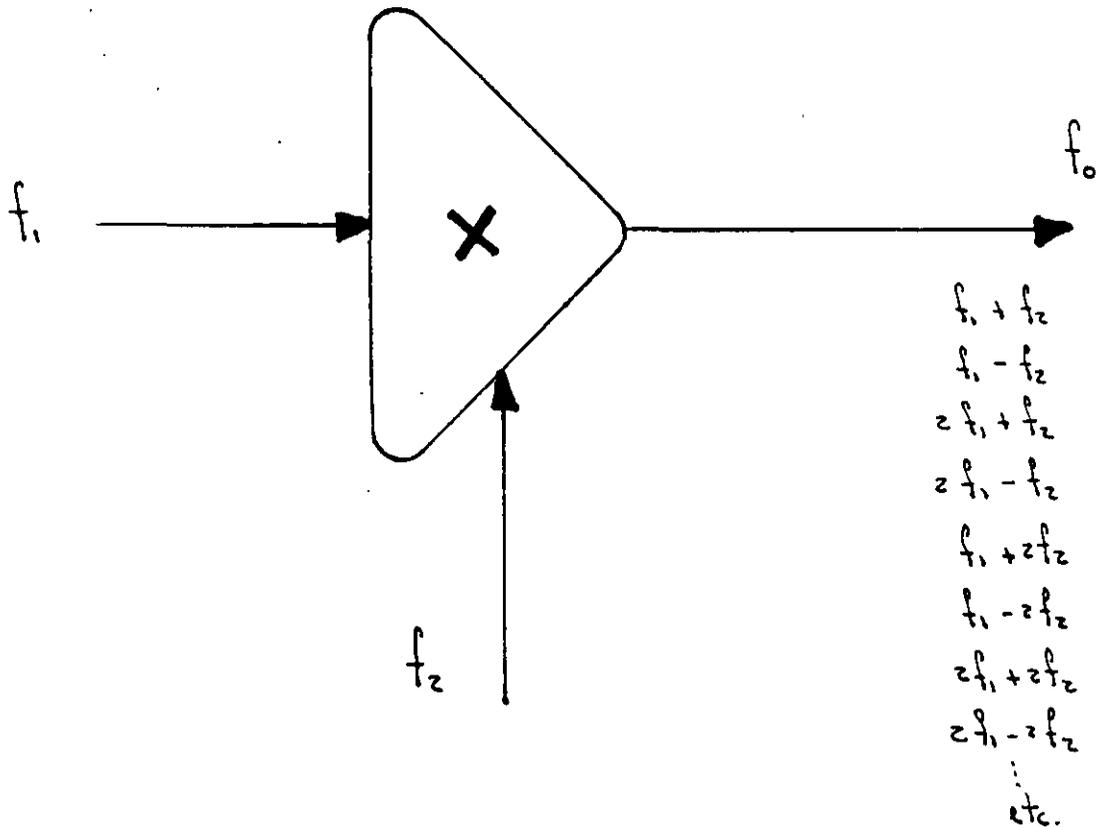


Figura 2

Mezclador como convertidor de bajada

El mezclador que se muestra en la figura 3 convierte una señal de entrada, por ejemplo de 6.2 GHz. a una frecuencia de 1.1 GHz. (llamada frecuencia intermedia abreviada como F.I.) La señal de 5.1 GHz se suministra por un oscilador (llamado oscilador local abreviado O.L.) Usualmente a la salida del mezclador existe un filtro paso banda centrado en F.I. , cabe hacer notar que los niveles de potencia son mayores en la parte del oscilador que en la señal de entrada y que la señal de F.I.

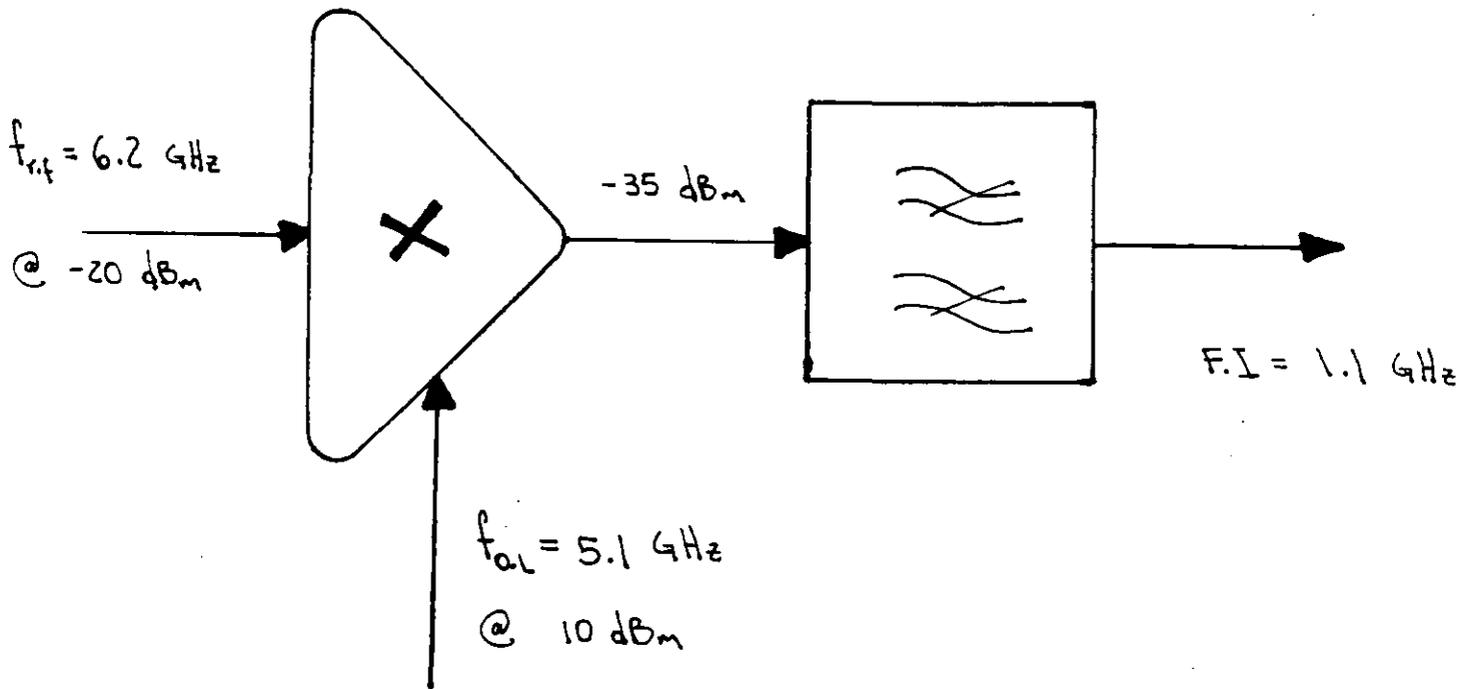


Figura 3

Efecto imagen

Existe un efecto que no se desea en los mezcladores que tomando el ejemplo anterior del mezclador, vemos que se requiere una $f_{FI} = 1.1 \text{ GHz}$. y una entrada de $f_{RF} = 6.2 \text{ GHz}$. con una frecuencia del oscilador local $f_{OL} = 5.1 \text{ GHz}$. El efecto imagen es cuando en este ejemplo se presenta una señal de entrada $f_{RF2} = 4 \text{ GHz}$. al momento del mezclado se presenta una frecuencia intermedia $f_{FI} = 1.1 \text{ GHz}$.

La forma de evitar el efecto imagen es teniendo un filtro paso banda centrado en $f_{RF} = 6.2 \text{ GHz}$, teniendo como resultado el circuito de la Figura 4

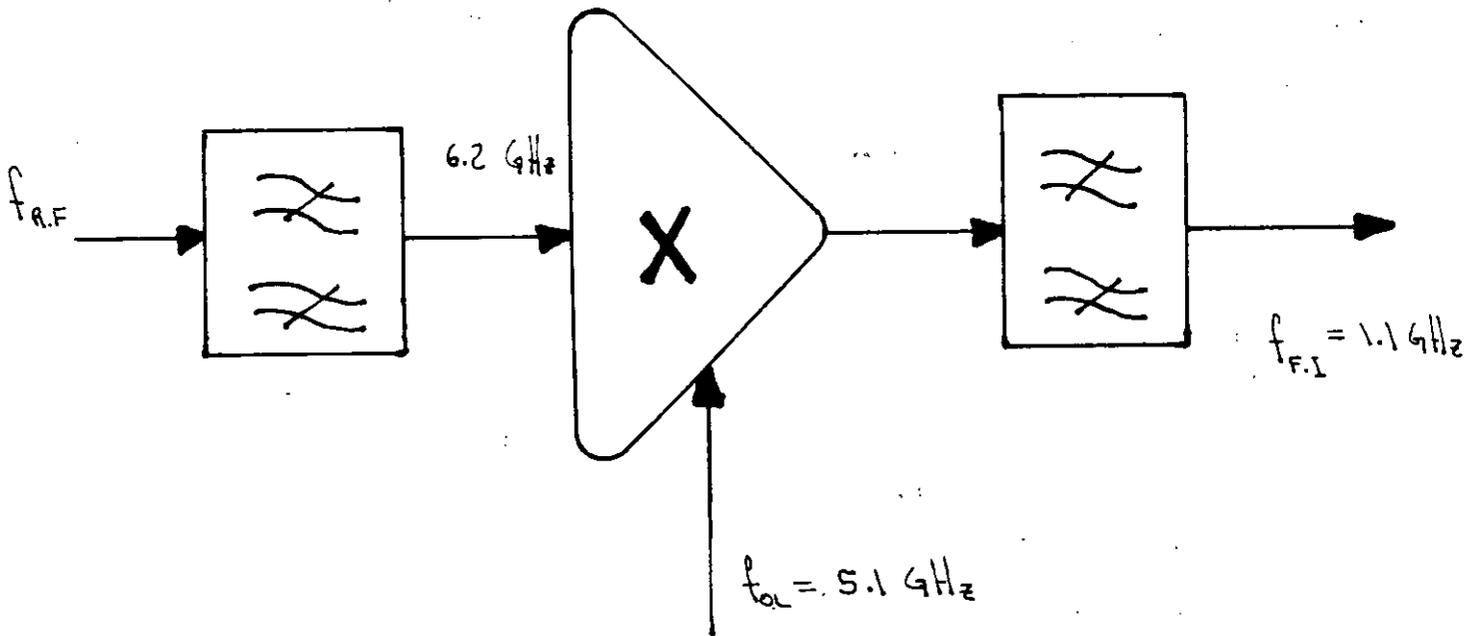


Figura 4

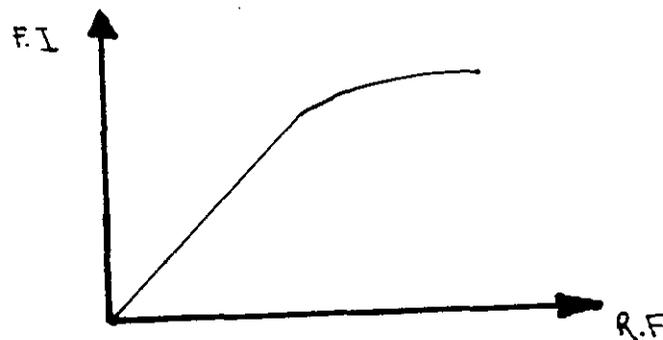
TERMINOS PARA DESCRIBIR EL FUNCIONAMIENTO DEL MEZCLADOR

-Pérdida de conversión: es la razón de la potencia de la señal de salida F.I. a la entrada R.F.

-Rango dinámico: es el rango de amplitud dentro del cual el mezclador puede trabajar sin degradación en la operación.

-Aislamiento: representa la cantidad de "fuga" o "paso de alimentación" entre los puertos del mezclador.

-Compresión de conversión: se refiere al nivel de potencia de R.F. de entrada del cual la curva de potencia de salida F.I. se desvía de la linealidad.



-Distorsión de intermodulación armónica: resulta del mezclado de armónicas de la señal de entrada generadas por el mezclador. Estos productos de distorsión tienen frecuencias $m f_{10} \pm n f_{RF}$, donde m y n representan el orden de armónica.

Mezcladores a diodos balanceados

En la figura 5 se muestra un circuito mezclador balanceado con diodos en el cual se aplica el voltaje del oscilador local entre los puntos a y b . Este voltaje se supone lo suficientemente grande para encender completamente los diodos durante el medio ciclo en que a sea positivo respecto a b , así como apagarlos durante el otro medio ciclo. Además, V_{10} se supone mucho mayor que V_{RF} , de tal manera que V_{10} controle siempre los estados del diodo.

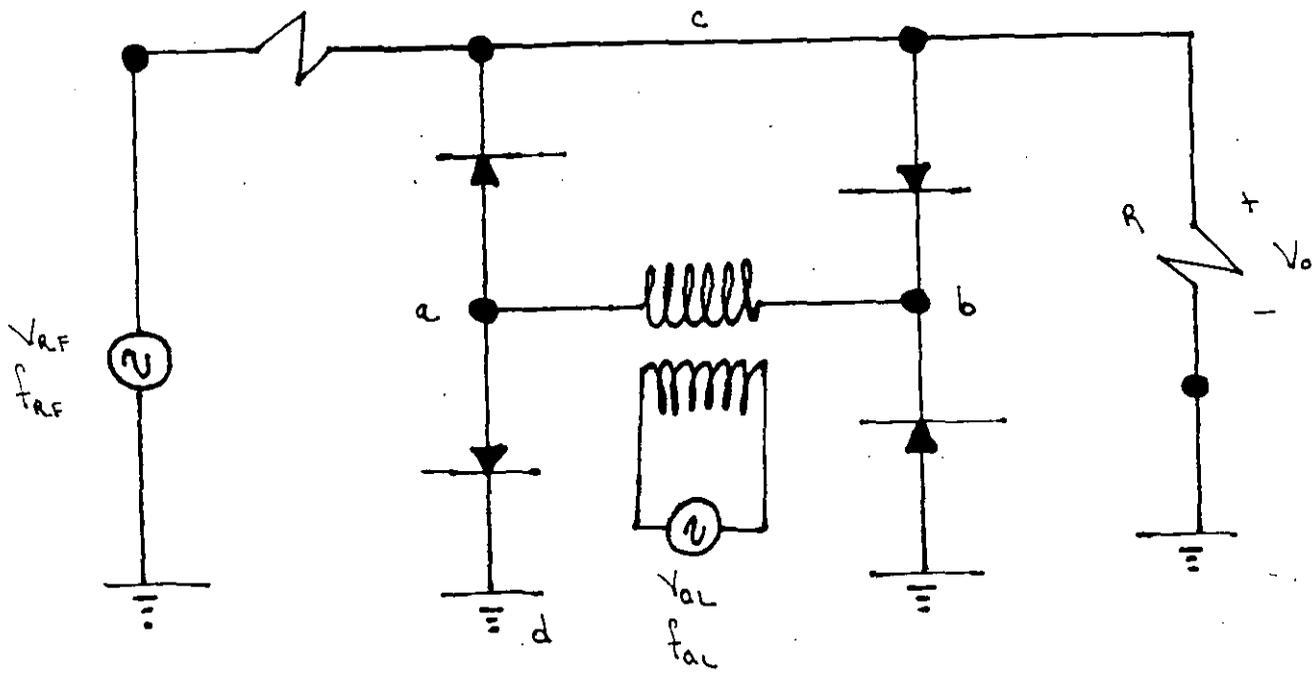


Figura 5

Por consiguiente, los diodos operan como conmutadores, haciendo un corto circuito entre los puntos c y d , dando lugar a que V_o sea cero siempre que V_{ab} sea positivo.

En la figura 6 se muestra la salida de V_o , para un receptor la carga se sintonizaría con la frecuencia intermedia f_{if} , con el objeto de filtrar componentes de la frecuencia indeseada

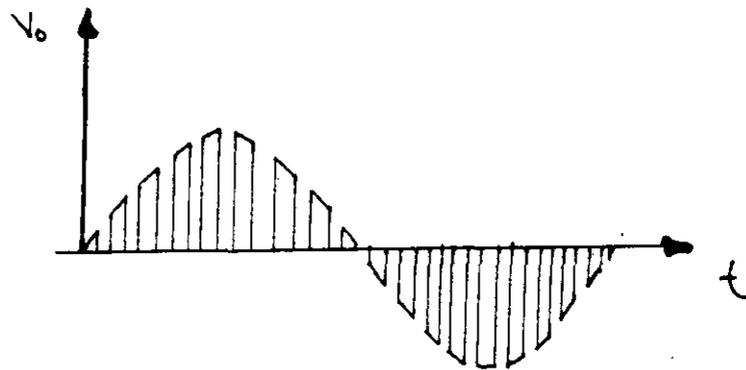
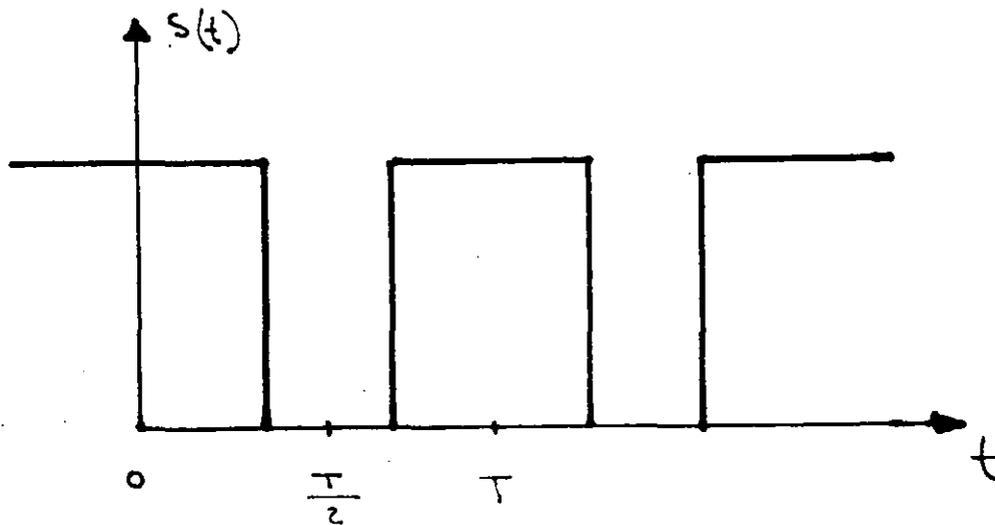


Figura 6

Para determinar el espectro de la señal de salida, se observa que $V_o(t)$ en la figura 6 es el producto de la onda de entrada y una función de conmutación de la frecuencia del oscilador mostrada en la figura 7. La función de conmutación después del análisis de Fourier está dada por:



$$S(t) = \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{n\pi}{2}}{\frac{n\pi}{2}} \cos n\omega_0 t$$

Figura 7

ahora si la señal del mezclador es:

$$V_{R.F}(t) = V_{R.F} \cos \omega_{R.F} t$$

el voltaje de salida estará dado por:

$$V_o(t) = V_{R.F} S(t) = V_{R.F} \cos \omega_{R.F} t \left[\frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{n\pi}{2}}{\frac{n\pi}{2}} \cos n\omega_{L.O} t \right]$$

El factor $\frac{\sin \frac{n\pi}{2}}{\frac{n\pi}{2}}$ tiene valores tales que todas las armónicas pares de la frecuencia $f_{L.O}$ del oscilador desaparecen a la salida.

En la figura 8 se muestra un espectro de frecuencia parcial de los componentes de salida. Todas las componentes, salvo la deseada, $f_i = f_{L.O} - f_{R.F}$ se eliminarán mediante filtrado

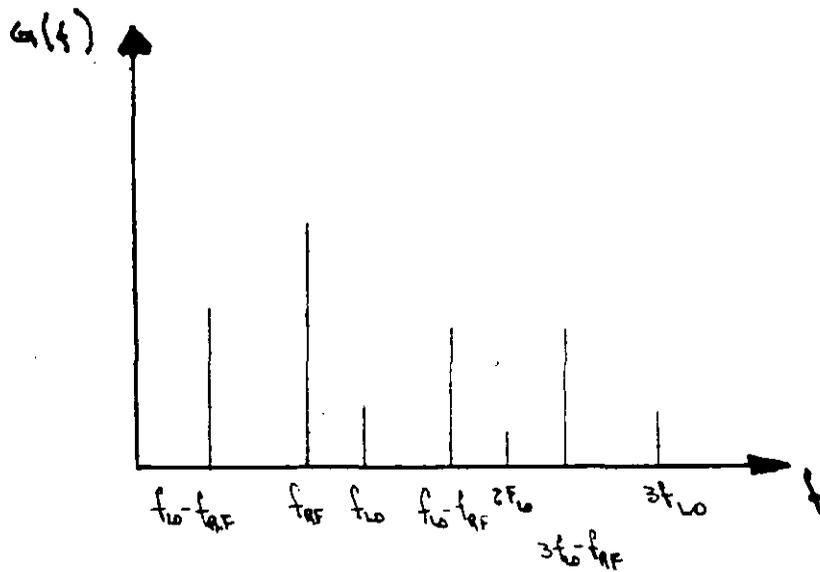


Figura 8

Mezclador transistorizado

En la figura 9 se muestra un mezclador transistorizado, las señales del oscilador local y radio frecuencia excitan al diodo base-emisor en un tramo importante de la curva de transconductancia (g_{mo}). La corriente resultante del colector contiene las armónicas y los componentes de intermodulación.

El tanque sintonizado LC a la frecuencia de la diferencia, hace que la señal de salida tenga una frecuencia $f_x - f_y$.

El mezclador de la figura 9 una señal excita la base y otra al emisor, la ventaja de este método es que se obtiene aislamiento entre las fuentes.

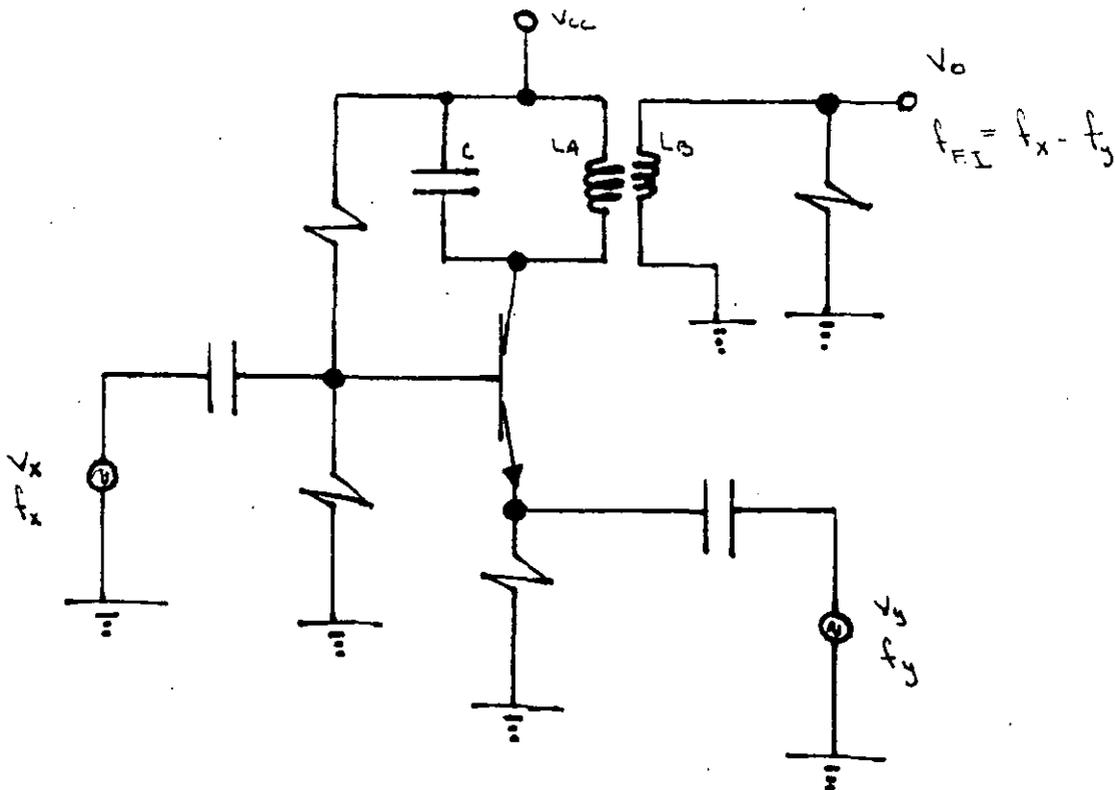


Figura 9

Circuito Conversor

Los conversores hacen la misma función que los circuitos mezcladores-osciladores, pero utilizan únicamente un dispositivo de amplificación en lugar de dos. Este dispositivo realizará tanto la acción como la mezcla.

En la figura 10 se muestra un conversor transistorizado similar a los que se utilizan en la mayoría de los receptores de radiofrecuencia no muy sofisticados.

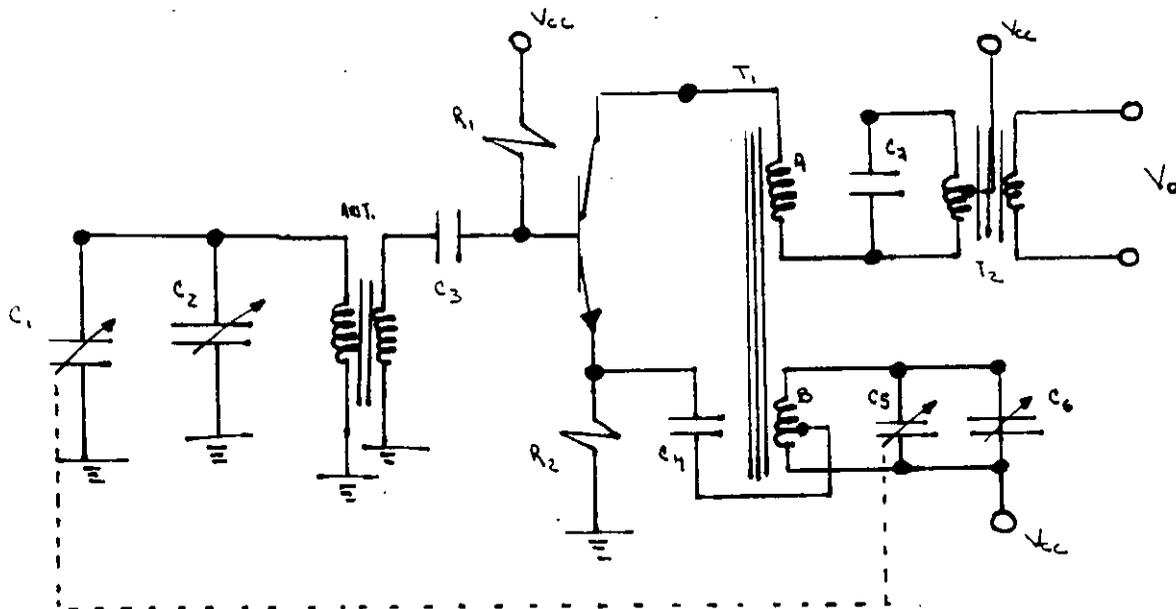


Figura 10

En el circuito de la figura 10 la antena de ferrita se sintoniza por medio del capacitor C_1 . La energía de R.F. de la antena está acoplada al transistor conversor a través del capacitor de acoplamiento C_3 .

El resistor R_1 es para la polarización de la base. La inductancia A es el devanado primario del transformador T_1 , que es parte del oscilador local y es la carga del colector.

Los cambios de voltaje del colector se aplican a través de la inductancia A del transformador T1 e inducen un voltaje en el devanado secundario B, que es parte del circuito tanque del oscilador que consiste en el devanado secundario y los capacitores C5 y C6.

El capacitor de sintonía y está mecánicamente conectado al capacitor C1 en el circuito de la antena, así que al cambiar la frecuencia de un circuito sintonizado al otro también cambiará.

Los capacitores C2 y C6 son para ajustar el alineamiento de los circuitos tanque de tal forma que sigan correctamente el rango de frecuencia que se desee.

Los osciladores en el circuito tanque están aplicados a través del capacitor C4 hasta el emisor del transistor. Por lo tanto, el transistor funciona no solo como oscilador, sino también como mezclador no lineal, produciendo tanto la suma como la diferencia entre las frecuencias en la salida.

El transformador T2 y el capacitor C7 forman un circuito de sintonía a la frecuencia de F.I. , en consecuencia únicamente la diferencia de frecuencia o la señal F.I. está acoplada a la siguiente etapa.

Amplificadores Sintonizados

En muchas aplicaciones electrónicas es necesario escoger y amplificar una banda relativamente estrecha de frecuencia. Por ejemplo , los amplificadores de banda estrecha se utilizan ampliamente en los sistemas de comunicaciones en donde la información se encuentra contenida en las frecuencias de las bandas laterales, a uno o los dos lados de una frecuencia central o portadora.

En general, los amplificadores de banda estrecha se componen de dos redes: la primera un elemento amplificador, como un transistor con sus componentes asociados de circuito y la segunda una red que determina la respuesta apropiada en frecuencia.

A menudo, los amplificadores sintonizados emplean transformadores para ~~acoplar la señal de una etapa a otra. La inductancia del devanado del~~ transformador y un capacitor de sintonización forman el circuito sintonizado que se requiere para la selección de frecuencia. Si se sintoniza solo uno de los lados del transformador, el amplificador se dice que es de sintonía simple. Si tanto el primario como el secundario se sintoniza, el amplificador es de sintonía doble.

Los amplificadores sintonizados TBJ son por lo común de sintonía simple con el circuito sintonizado a la salida del transistor. La razón para esto es que la resistencia de entrada de un TBJ es relativamente baja y que un circuito sintonizado a la entrada tendrían necesariamente un valor pobre de factor de calidad Q y por lo consiguiente, una baja selectividad. La resistencia de salida de un TBJ es grande y el circuito sintonizado a la salida puede alcanzar un valor suficiente de selectividad Q.

Observe el circuito de la figura 11 hay dos transformadores en el circuito de salida Q1 : Un transformador de acoplamiento con N1 + N2 como número de vueltas en el primario y N3 como número de vueltas del secundario. El autotransformador, formado mediante una derivación en el devanado primario N1 + N2, reduce el efecto de la resistencia de salida y la capacitancia de Q1 sobre el circuito sintonizado puesto que los valores reflejados de Ro y Co , en el paralelo con el circuito sintonizado , son los valores reales modificados por el cuadrado de la razón de vueltas del autotransformador.

En las siguientes ecuaciones se expresan las razones de vueltas del transformador de acoplamiento y el autotransformador.

$$a_1 = \frac{N_1 + N_2}{N_3}$$

$$a_2 = \frac{N_1 + N_2}{N_1}$$

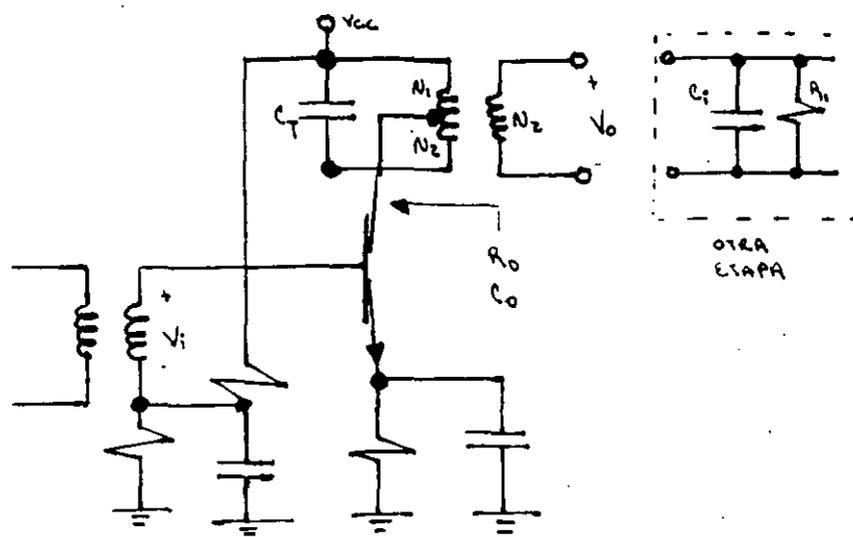


Figura 11

Análisis de un amplificador de sintonía simple

Para el circuito de la figura 11 se tiene los siguientes datos:

$$R_0 = 20 \text{ K}\Omega \quad C_0 = 20 \text{ pF} \quad a_1 = 12 \quad a_2 = 4$$

$$C_T = 300 \text{ pF} \quad L = 1.2 \text{ mH} \quad Q = 100$$

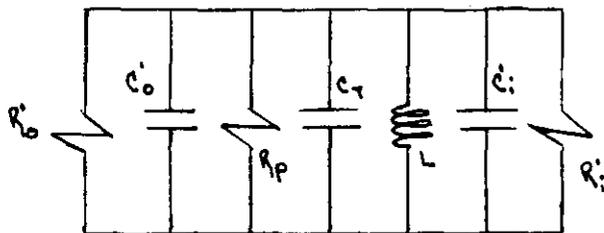
siguiente etapa los datos son:

$$C_i = 10 \text{ pF} \quad R_i = 625 \Omega$$

Hay que determinar las características de la respuesta en frecuencia del amplificador (f_0 y BW).

Es conveniente referir todos los valores de los elementos del circuito al devanado primario del transformador de acoplamiento.

Circuito equivalente:



$$C'_i = \left(\frac{1}{a_1}\right)^2 C_i = 0.069 \text{ pF}$$

$$C'_0 = \left(\frac{1}{a_2}\right)^2 C_0 = 1.25 \text{ pF}$$

$$R'_i = a_1^2 R_i = 90 \text{ K}\Omega$$

$$R'_0 = a_2^2 R_0 = 320 \text{ K}\Omega$$

$$C_{\text{Tot.}} = C'_0 + C_T + C'_i = 301 \text{ pF}$$

Observese que los transformadores han minimizado el efecto de C_0 y C_{12} sobre la sintonización de la etapa.

La frecuencia central f_0 se obtiene

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}} = 265 \text{ KHz}$$

El QL de carga es: $R_p = Q^2 2\pi f_0 L = 200 \text{ K}\Omega$ (Perdidas)

$$R_T = R_p \parallel R_i' \parallel R_o' = 52 \text{ K}\Omega \quad Q_L = \frac{R_T}{2\pi f_0 L} = 26$$

Por último el ancho de banda

$$BW = f_0/Q_L = 10.2 \text{ KHz}$$

MODULADORES

Modulador A.M.

En la figura 12 se muestra un modulador de baja potencia con un sencillo componente activo Q1.

La portadora ω_c se aplica a la base y la señal modulada ω_m se aplica en el emisor. Con la aplicación de la señal modulada por el emisor es importante que el transistor opere en clase A con su punto Q centrado.

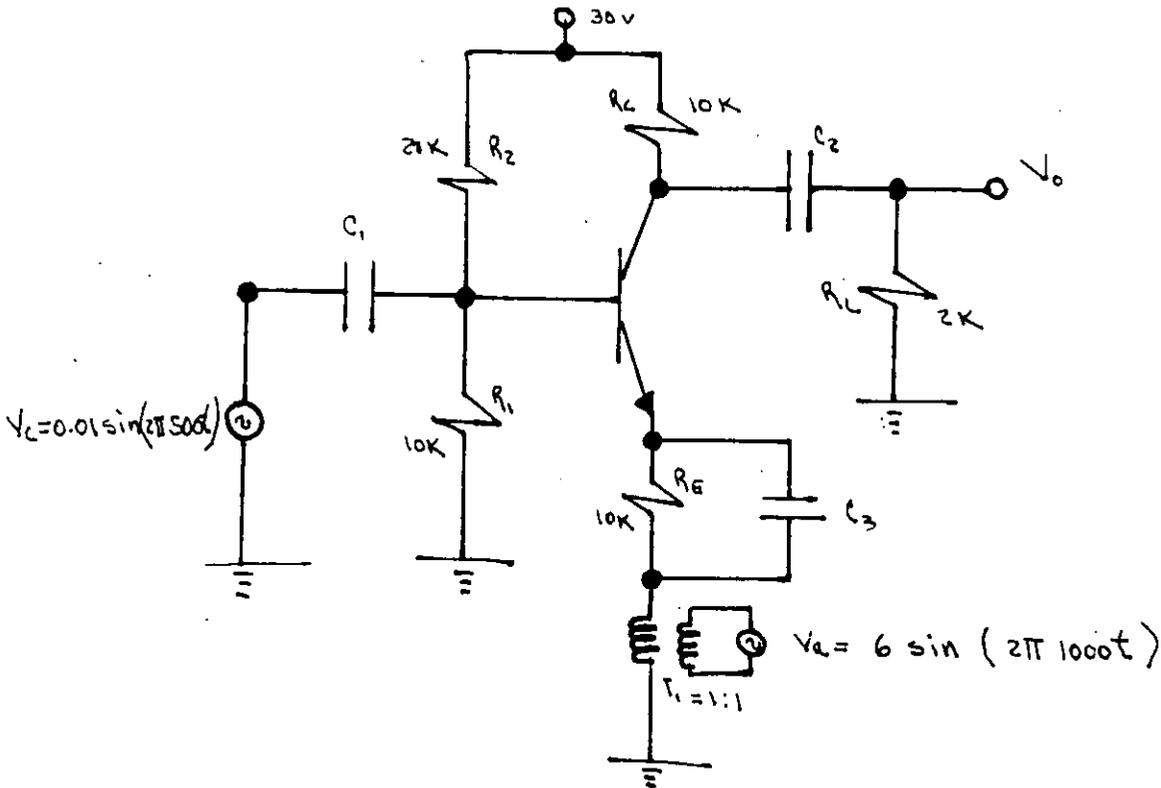


FIGURA 12

Ejemplo de operación del circuito modulador

De la figura 12 se muestra la amplitud de la portadora que es de $10\mu V_p$ y es muy inferior a la magnitud de la señal modulada que es de $6V_p$. Si se suprime la moduladora ésto es que $V_a = 0$, el circuito opera como un amplificador lineal clase A. La amplificación del transistor se determina por la razón de $A_v = r_c/r_e$ donde:

$$r_c = R_c \parallel R_L = 1167 \Omega$$
$$r_e' = 25mV/I_E$$

$$I_E = \frac{(V_{th} - V_{be})}{(R_{th}/\beta) + R_E}$$

$$V_{th} = \frac{V_{cc} R_2}{R_1 + R_2} = 10 V$$

$$R_{th} = R_1 \parallel R_2 = 6667 \Omega$$

para $\beta = 100$

$$I_E = 0.924 \text{ mA}, r_e' = 27\Omega$$

por lo tanto

$$A_v = r_c/r_e' = 61.7 = A_q$$

donde A_q = ganancia de reposo

De lo anterior si no existe señal modulada tenemos:

$$V_o = A_v V_c = 61.7(0.01) = 0.617 V_p$$

Cuando la señal moduladora se aplica al circuito, se agrega al voltaje Thevenin y tenemos:

$$V_{bias} = V_{th} + V_a \text{ sen } \omega t$$

por lo tanto :

$$V_{bias} = 10 + 6 \text{ sen}(2\pi 1000 t)$$

Del voltaje de bias analizaremos tres valores importantes que son cuando el valor senoidal vale cero; máximo positivo y máximo negativo.

Cuando $\text{sen}(2\pi 1000 t) = 0$

$$V_{\text{bias}} = V_{\text{th}} = 10 \text{ V}$$

$$A_v = 61.7 = A_q$$

Cuando $\text{sen}(2\pi 1000 t) = -1$

$$V_{\text{bias}} = V_{\text{th}} - 6(-1) = 10 + 6 = 16 \text{ V}$$

$$I_E = \frac{(V_{\text{th}} - V_{\text{be}})}{(R_{\text{th}}/\beta) + R_E} = \frac{16 - 0.7}{(6667/100) + 10,000} = 1.52 \text{ mA}$$

$$r_e' = 25 \text{ mV} / I_E = 16.45 \Omega$$

$$A_v = A_{\text{max}} = r_c / r_e' = 101.3$$

$$V_o = V_{\text{in}} A_{\text{max}} = 0.01(101.3) = 1.013 \text{ Vp}$$

Cuando $\text{sen}(2\pi 1000 t) = 1$:

$$V_{\text{bias}} = V_{\text{th}} - 6(1) = 10 - 6 = 4 \text{ V}$$

$$I_E = \frac{(V_{\text{th}} - V_{\text{be}})}{(R_{\text{th}}/\beta) + R_E} = \frac{4 - 0.7}{(6667/100) + 10,000} = 0.328 \text{ mA}$$

$$r_e' = 25 \text{ mV} / I_E = 76.3 \Omega$$

$$A_v = A_{\text{min}} = r_c / r_e' = 21.9$$

$$V_o = V_{\text{in}} A_{\text{min}} = 0.01(21.9) = 0.219 \text{ Vp}$$

En este ejemplo, A_v varía de acuerdo a la señal moduladora desde un punto de reposo $A_q = 61.7$ a un valor máximo $A_{\text{max}} = 101.3$ y un mínimo de $A_{\text{min}} = 21.9$.

En la figura 13 se muestran las señales generadas por el circuito modulador.

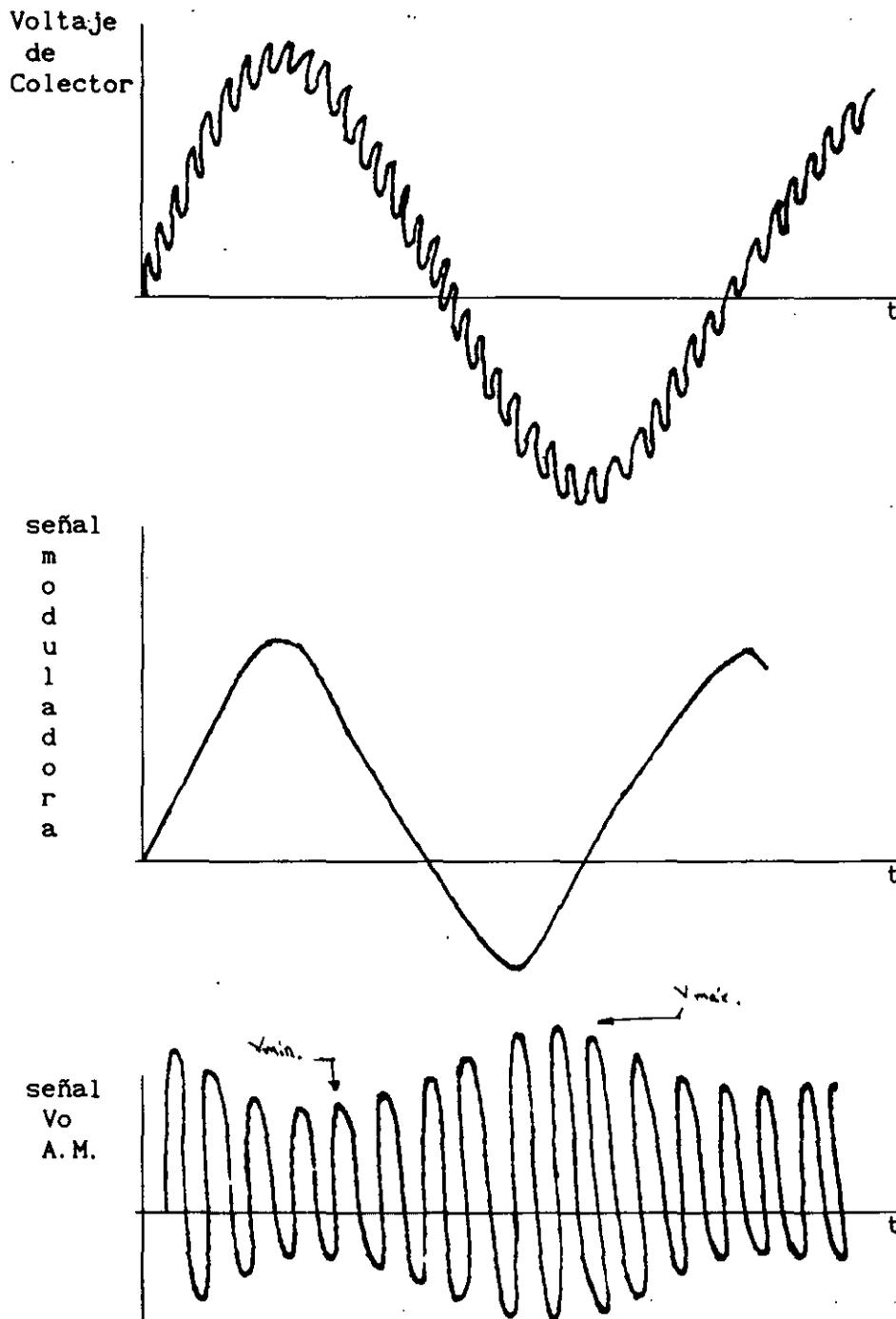


Figura 13

Por último tenemos que para describir la señal de salida del modulador podemos utilizar las siguientes ecuaciones.

$$A_v = A_q(1 \pm m)$$

donde

A_q = ganancia de reposo

m = coeficiente de modulación

A_v = ganancia de voltaje (máximo y mínimo)

$$m = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max} + V_{\min}}$$

Para nuestro ejemplo:

$$m = \frac{1.013 - 0.219}{1.013 + 0.219} = 0.6444$$

$$\% \text{ de modulación} = 100 (0.6444) = 64.44 \%$$

Moduladores de frecuencia

A continuación se presenta un modulador de frecuencia típico con diodo varactor.

En la figura 14 se muestra el circuito el cual utiliza un TBJ como circuito activo. El diodo varactor se utiliza para transformar cambios de voltaje de la señal moduladora a cambios de frecuencia.

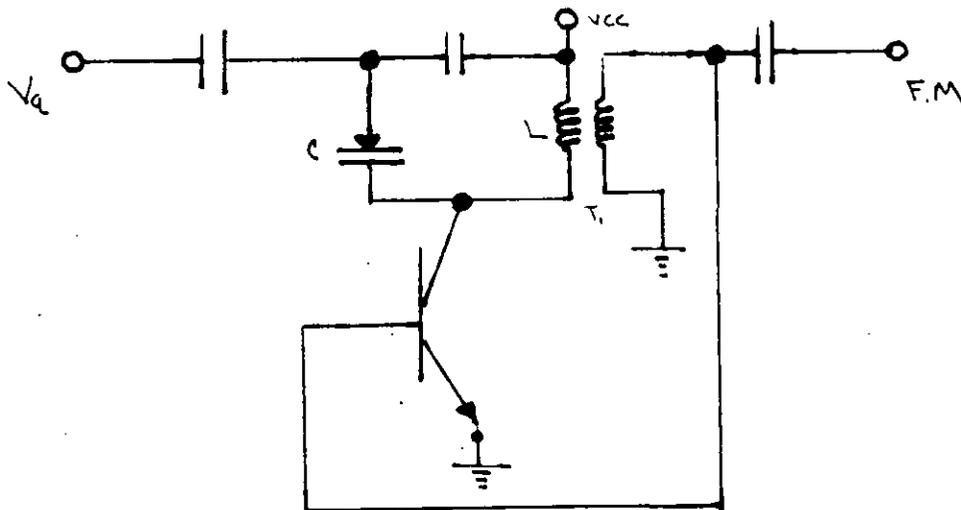


Figura 14

La frecuencia de reposo del modulador que es la frecuencia portadora está definida como:

$$F_c = 1/2\pi\sqrt{L C}$$

donde:

L= inductancia del transformador

C= capacitancia del diodo varactor

por lo tanto la señal modulada está dada:

$$F_m = 1/2\pi\sqrt{L(C + \Delta C)}$$

donde ΔC es el cambio de capacitancia del diodo varactor que de acuerdo a los niveles de voltaje de entrada produce la señal modulada.

DETECTORES

- Demodulador A.M.

En la figura 15 se muestra un detector de envolvente o demodulador de A.M.

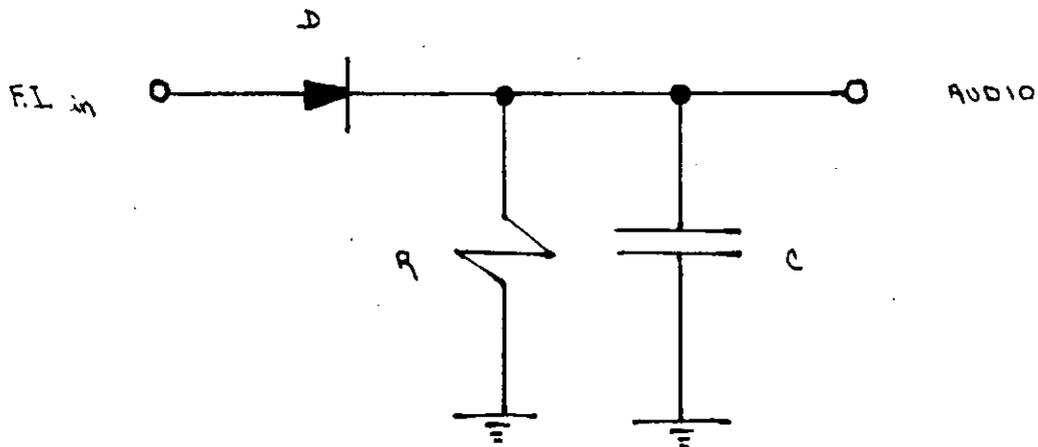


Figura 15

Cuando se tiene una señal de F.I. de A.M como la mostrada en la figura 16 y se suministra al circuito de la figura 15, la señal se rectifica en todos sus ciclos positivos pero esto incluye hasta la portadora, por lo tanto, lo que se quiere es solo la señal moduladora que para suprimir la portadora se requiere un filtro paso bajas que para el demodulador, tal filtro lo compone el arreglo RC.

F.I

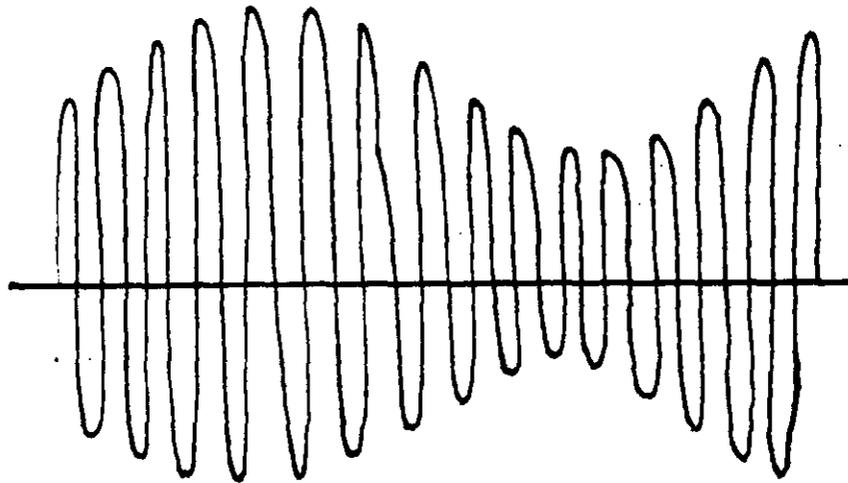


Figura 15'

Para selección del filtro pasa bajas hay que evitar dos cosas críticas en la demodulación, una de ellas es cuando la constante de tiempo del arreglo RC es muy corta, la señal presenta distorsión como lo muestra la figura 16.



Figura 16

El segundo caso es cuando la constante de tiempo es muy grande por lo tanto la señal de salida es como se muestra en la figura 17



Figura 17

De lo anterior, por lo tanto, es necesario encontrar una constante de tiempo que no cause distorsión, tal constante está en función de la frecuencia máxima de modulación y el coeficiente de modulación.

A continuación se presenta la ecuación que relaciona la constante de tiempo con el coeficiente de modulación y la frecuencia máxima de modulación.

$$RC = \frac{\sqrt{(1/m)^2 - 1}}{2\pi f \text{ máx}}$$

-Demodulador de F.M.

Detector de pendiente.

El detector de pendiente funciona cambiando primero la señal F.M. en una combinación de señales AM-FM y luego detectando las variaciones de amplitud para que se recupere el audio original. En la figura 18 se encuentra un circuito de éste tipo que contiene un circuito sintonizado, un diodo rectificador y un filtro paso bajas.

Observe que es similar a un detector estandar de A.M.

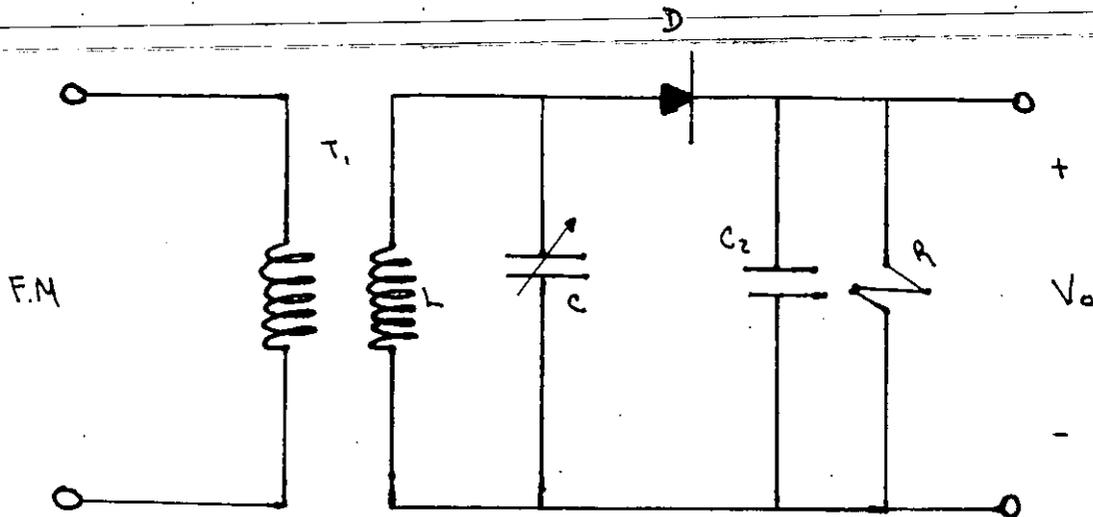


Figura 18

Este detector utiliza un circuito sintonizado que es resonante en una frecuencia ligeramente diferente a la frecuencia del amplificador de F.I., de modo que la frecuencia central de la portadora de F.M. se extiende a un lado de la curva del paso de banda para el circuito sintonizado como se muestra en la figura 19.

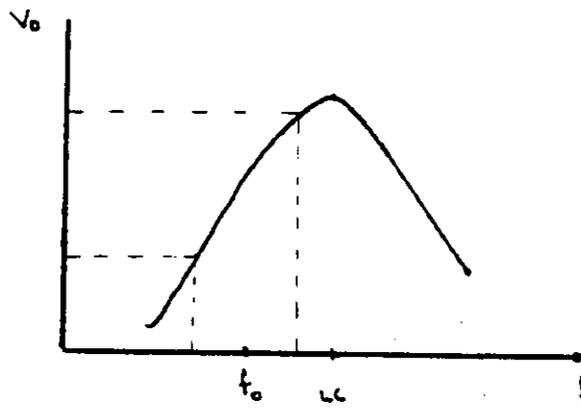


Figura 19

A medida que varía la frecuencia central, se estará acercando y alejando alternadamente de la frecuencia resonante del circuito sintonizado. La frecuencia f_0 es la central de la señal de F.M.

Cada vez que se desvía la frecuencia en dirección positiva(aumentando), la amplitud de la señal de salida aumenta y cada vez que la frecuencia se desvía en dirección negativa(disminuye), la amplitud de la señal de salida disminuye.

Las formas de onda producidas por la acción del circuito sintonizado en la señal de F.M. se ilustra en la figura 20.

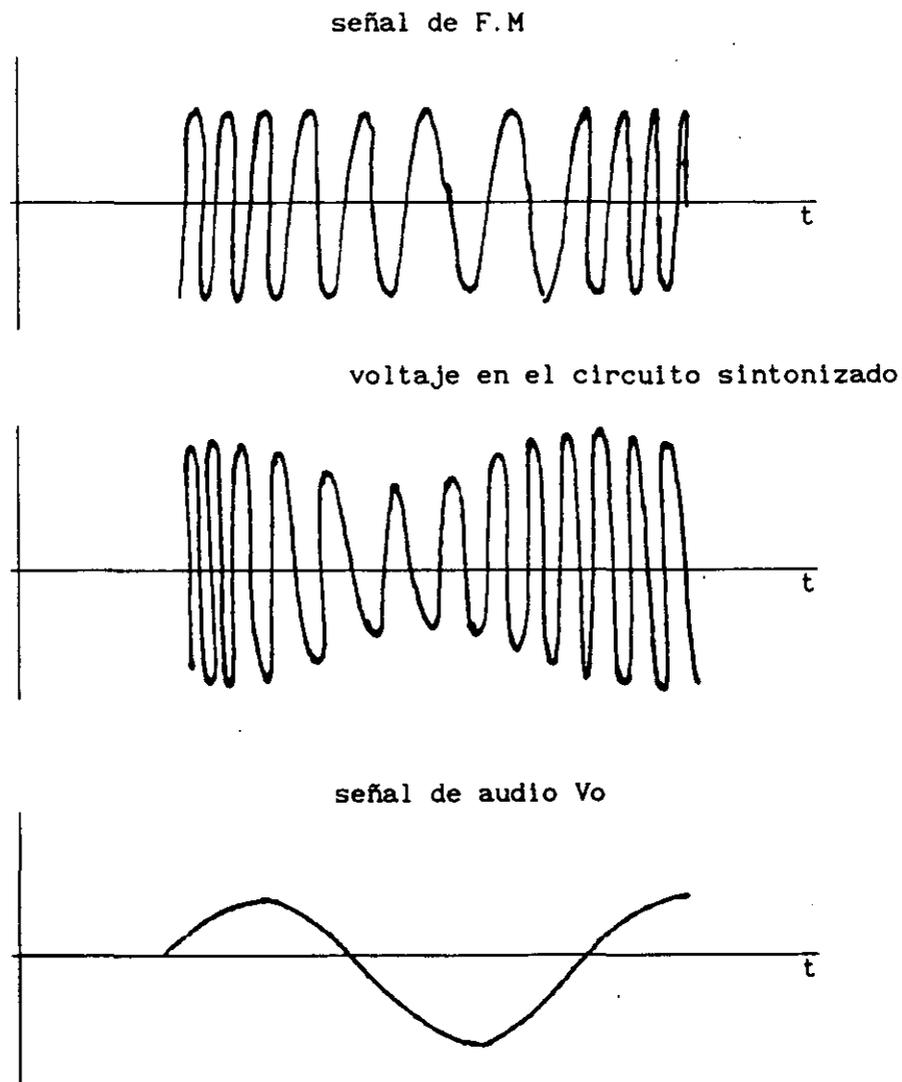


Figura 20

Observe que el voltaje en el circuito sintonizado es una onda de frecuencia ~~modulada que ahora tiene agregada una modulación de amplitud por medio del~~ circuito sintonizado. Esta modulación de amplitud representa la señal de audio, que se separa por el circuito detector compuesto por el diodo, el capacitor C2 y la resistencia R de la figura 18.

El diodo , el capacitor y la resistencia funcionan como un detector de A.M. y separan la señal de audio.

Recuerde que el detector de pendiente debe estar sintonizado para que la frecuencia central de la señal de F.M. esté por un lado de la curva característica sintonizada.

TELEVISION

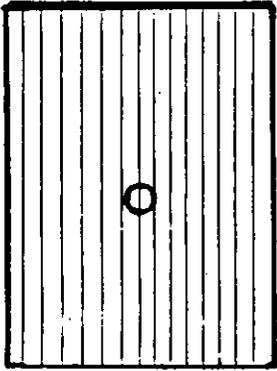
Estandares Mundiales de Television

A continuación se describe los tres principales formatos de transmisión de televisión a nivel mundial.

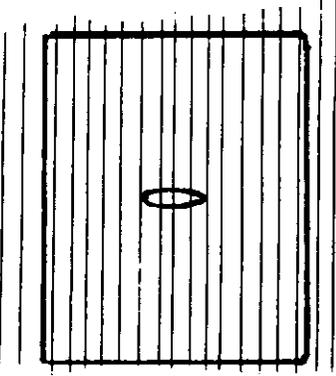
ABREVIATURA	NOMBRE	CREACION
NTSC	NATIONAL TELEVISION SYSTEM COMMITTEE	1948
SECAM	SEQUENTIEL A MEMOIRE	1957
PAL	PHASE ALTERNATING LINE	1961

En la tabla anterior se encuentran los tres formatos de transmisión en T.V. que son transmitidos en diferentes partes del mundo, en particular en el continente americano se utiliza el formato **NTSC**.

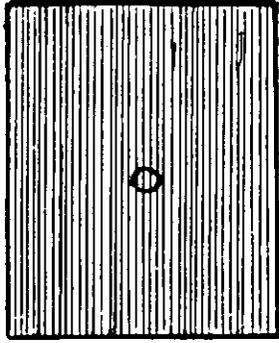
Para explicar las principales diferencias de los tres sistemas se simula una pantalla de televisión pero tomando como referencia el formato **NTSC**.



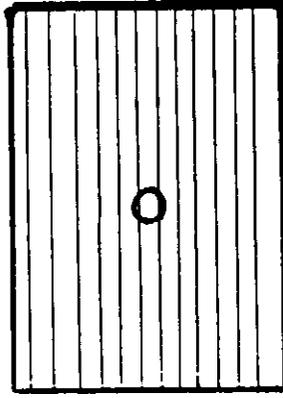
NTSC



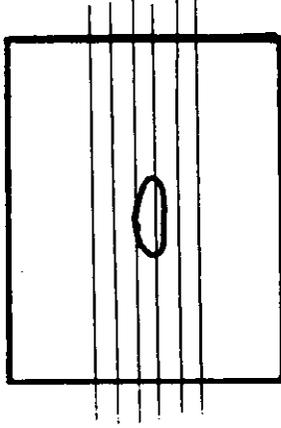
PAL in NTSC



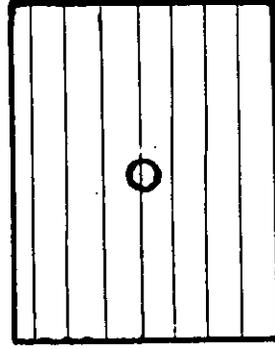
PAL → NTSC



NTSC



NTSC in PAL



NTSC → PAL

Para el formato **SECAM**, el ejemplo anterior es semejante para ilustrar el formato **SECAM**, sólo que existe variación en el ancho de banda de video como se muestra en la siguiente tabla de comparación :

	NTSC	PAL	SECAM
LINEAS POR CUADRO	525	625	625
ANCHO DE BANDA <small>VIDEO</small> (MHZ)	4.2	5	6
ANCHO DE BANDA <small>CANAL</small> (MHZ)	6	8	8
SUB PORTADORA DE <small>COLOR</small> (MHZ)	3.58	4.43	4.43

Línea de video con pulsos de sincronía

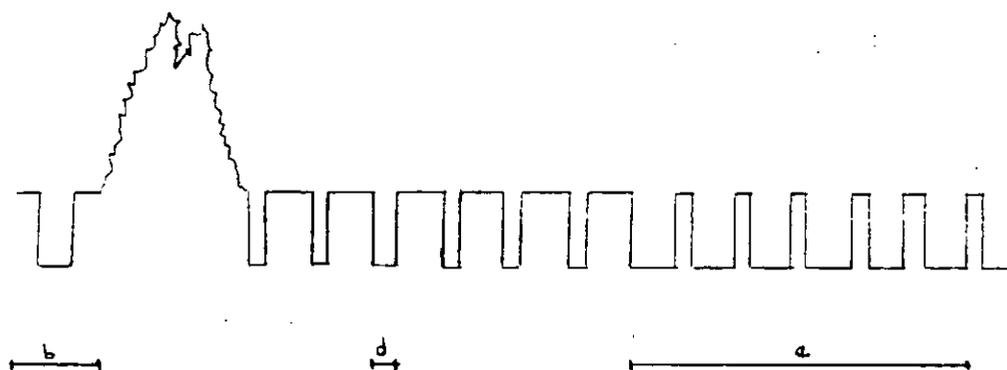


figura A

a) Duración del pulso horizontal	4.7 μseg
b) Duración del borrado horizontal	11 μseg
c) Intervalo de borrado vertical	16.6 μseg
d) Duración de pulsos igualadores	31.746 μseg
e) Duración del pulso vertical	190.5 μseg
f) Intervalo de borrado horizontal	16.5 μseg

Separadores de sincronía

1.- Discreto

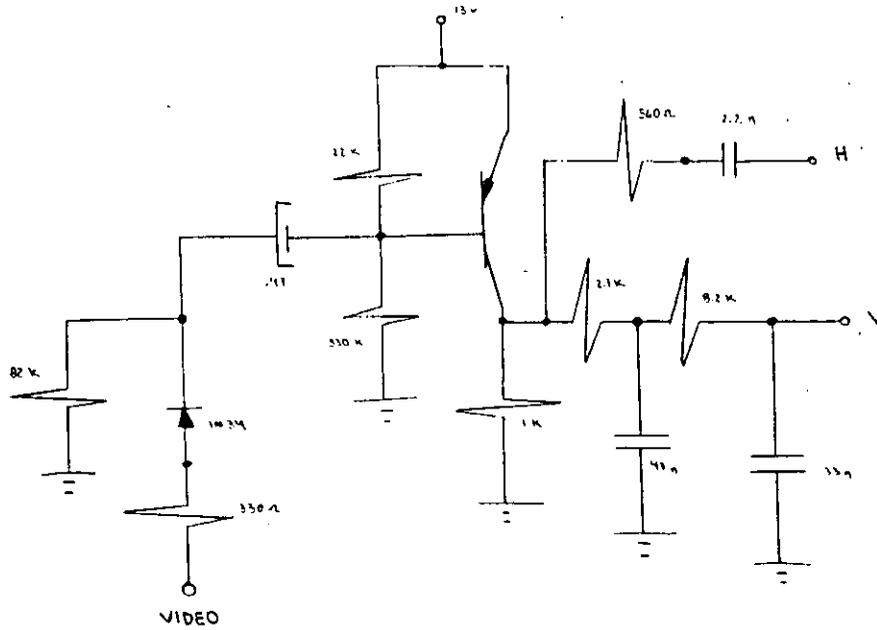


figura B

2.- Integrado:

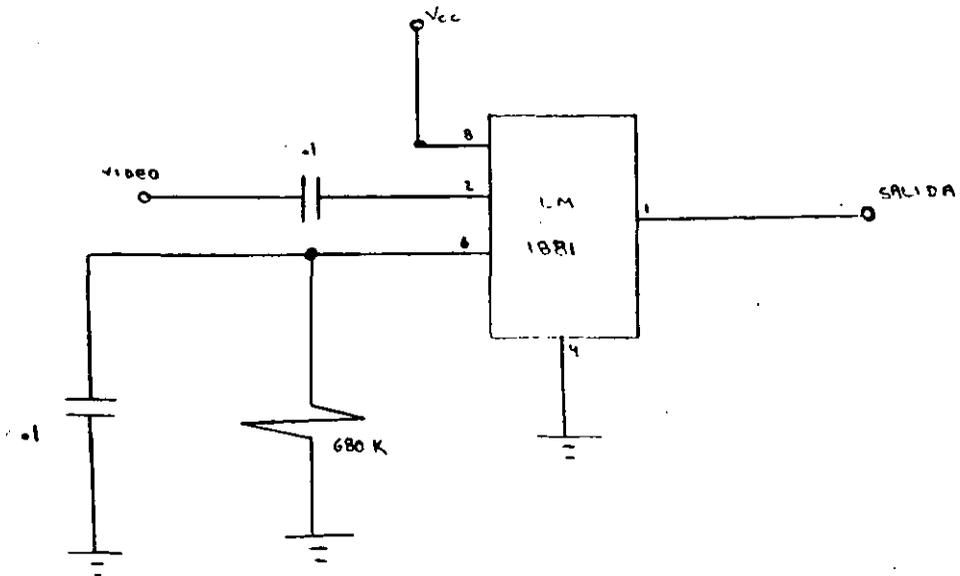


figura C

DISEÑO DE BOBINAS



Parámetros de diseño:

- $C \rightarrow$ molde [cm]
- $B \rightarrow$ Calibre alambre [AWG]
- $A \rightarrow$ Inductancia [mH]

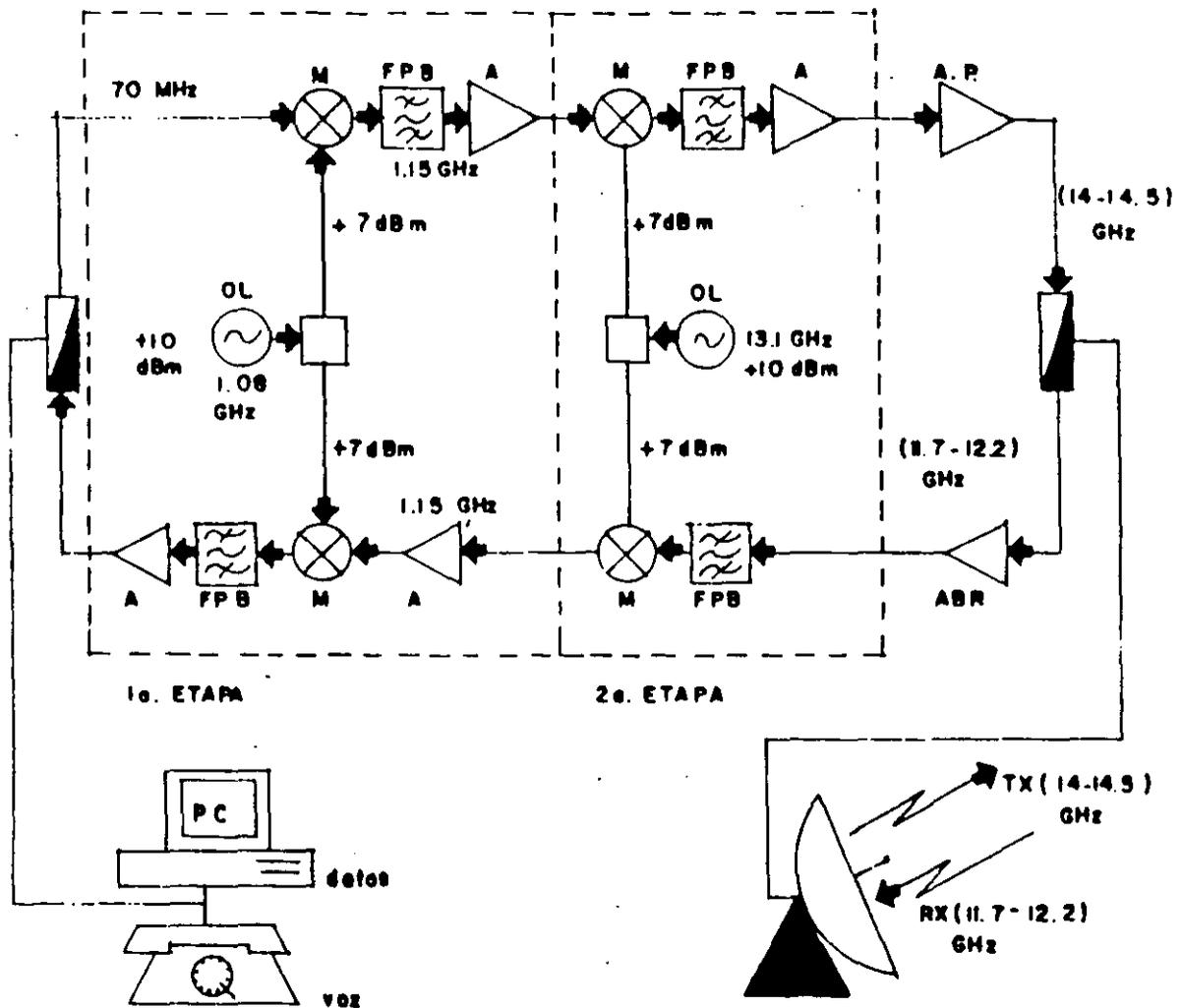
$$D = \frac{1.1684}{(1.1223^{(B+3)})} \quad E = \frac{C}{2}$$

$$F = \sqrt{(100 \times D^2) + \left(\frac{11.181 \times E^3}{A} \right)}$$

$$\# \text{ VUELTA } = \frac{(-10 \times D) + F}{\left[\frac{-0.788 \times E^2}{A} \right]}$$

VUELTA < 0 :

$$\# \text{ VUELTA } = \frac{(-10 \times D) - F}{\left[\frac{-0.788 \times E^2}{A} \right]}$$



SECCION DE RADIOFRECUENCIA DE UNA ESTACION TERRENA EN LA BANDA Ku



ANADIGICS[®]

Your GaAs IC Source

FEATURES	FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM
<ul style="list-style-type: none"> • Integrated Monolithic Downconverter • 6 dB Noise Figure • 35 dB Conversion Gain • Small Size • Low Cost • High Reliability 	

The ANADIGICS Ku-Band MMIC Downconverter is the world's first low-cost, hi-volume GaAs MMIC which is suitable for use in the field of consumer electronics. AKD12000 offers a high degree of functionality in a very small and user friendly configuration. The MMIC provides LNB manufacturers the ability to produce in high volumes LNBs with low component count, high reliability, and exceptional price-performance ratios. The AKD12000 is available in both chip and packaged (low cost) forms.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

PARAMETER	MIN.	MAX.	UNITS
V _{DD}	0	+ 8	V
V _{SS}	- 8	0	V
Case Temperature	- 55	+ 85	° C
Storage Temperature	- 55	+100	° C
Soldering Temperature		+ 220	° C
Soldering Time		3	Min.
Input Power		0	dBm
V _{LO}	- 5	+ 0.5	V
V _{RF} /V _{IF}	- 10	+ 10	V

OPERATING RANGES

PARAMETER	MIN	NOMINAL	MAX	UNITS
Frequency				
RF	10.95		11.7	GHz
IF	950		1700	MHz
LO		10	11	GHz
Power Supplies				
V _{DD}	5	6	7	V
V _{SS}	- 3.5	- 5	- 6	V
Case Temperature	- 55	25	85	° C
Input Power	- 80	- 50	- 30	dBm
Input Impedance		50		ohms
Output Impedance		75		ohms

Anadigics reserves the right to make changes in specifications without notice

BIBLIOGRAFIA

NARDA COMPONENTS AND INSTRUMENT
CATALOG 26
1991 USA

RF CIRCUIT DESING
BOWICK J.
SAMS
1991 USA

THE ARRL HANDBOOK
1992 USA

AMPLIFICADORES SINTONIZADOS
BRAKUM JOHN
MC GRAW HILL
1982

TRANSISTORES
TEXAS INSTRUMENTS CECSA
1985

TELEVISION PRACTICA
B.GROB
MARCOMBO
1989

COMMUNICATION SYSTEM
TOMASI
PRENTICE HALL



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

SEÑALES CIRCUITOS Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES

RADIACION Y PROPAGACION

ING. ALFONSO AGUILAR BISTRAN

1 9 9 4

ANTENAS

Alfonso Aguilar Bistrain

INTRODUCCION:

Después de los experimentos realizados por Hertz y Marconi, las antenas han tenido gran importancia en nuestra sociedad, hasta el momento cumplen una función indispensable. Las hay casi en todas partes: en nuestra casa, en los lugares de trabajo, en carros, en aviones, barcos, satélites y naves espaciales. Aunque existen en una gran variedad, todas ellas operan con el mismo principio básico de electromagnetismo.

Para comprender el funcionamiento de las antenas es necesario definir algunos conceptos básicos.

Se sabe que cuando una carga eléctrica es acelerada (esto es cuando la corriente eléctrica cambia de magnitud y dirección) una onda electromagnética es creada. Esta onda tiene una cierta longitud que varía con la frecuencia y se propagará a una velocidad dependiendo del medio en que se desplaza. Esta relación puede escribirse de la siguiente manera:

$$\lambda = v/f$$

Donde:

λ = longitud de onda, m.

v = velocidad, m/s.

f = frecuencia, Hz.

Cuando el medio es el espacio libre, la velocidad a la que se desplaza la onda es la velocidad de la luz.

8

$$v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Una antena es definida como una estructura asociada con la región de transición entre una onda guiada y una onda en el espacio libre o viceversa.

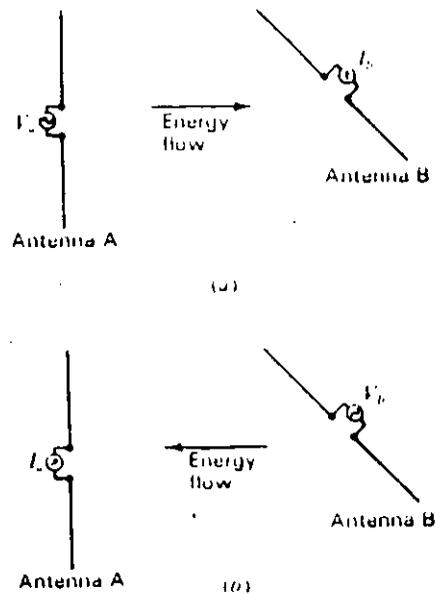
Una línea de transmisión es un dispositivo para transmitir o guiar energía de radiofrecuencia desde un punto a otro.

Los términos radiación y propagación se utilizan para describir la emisión de ondas electromagnéticas por un radiador y su propagación en la atmósfera.

Una antena transforma los campos electromagnéticos en señales eléctricas y por reciprocidad disipa energía en forma de ondas electromagnéticas.

TEOREMA DE RECIPROCIDAD DE ANTENAS.

Este teorema aplicado a antenas se puede explicar de la siguiente manera: Si un voltaje es aplicado a las terminales de una antena A se producirá una corriente en las terminales de otra antena B, entonces una corriente igual será obtenida en las terminales de la antena A si el mismo voltaje es aplicado en las terminales de la antena B. Ver Figura 1.



La relación de un voltaje y una corriente es una impedancia.

$$V_a/I_b = Z_{ab}$$

Donde Z_{ab} es la impedancia de transferencia.

Ahora, si $V_b = V_a$, entonces por el teorema de reciprocidad $I_a = I_b$.

Una consecuencia importante de este teorema es que la obtención de los patrones de transmisión y recepción de la antena son los mismos.

Las ecuaciones de Maxwell nos dicen que un campo eléctrico o magnético variante en el tiempo produce el otro campo y forma una onda electromagnética; el par de campos son ortogonales y su dirección de propagación es normal a los campos eléctrico y magnético.

El vector de Poynting describe la dirección de propagación y la densidad de potencia de la onda electromagnética. Este vector es el producto cruz de los campos eléctrico y magnético y es denotado por S .

$$S = E \times H$$

El campo magnético es proporcional al campo eléctrico en campo lejano. La constante de proporción es la impedancia del espacio libre $\eta = 376.7 \text{ ohm}$.

$$|S| = S = |E|^2/\eta \quad (\text{w/m}^2)$$

Los campos alrededor de la antena se dividen principalmente en dos regiones, una cercana a la antena llamada campo cercano o zona de Fresnel y otra a larga distancia llamada campo lejano o zona de Fraunhofer.

PATRON DE RADIACION

Un patrón de radiación es una representación gráfica o diagrama polar de la intensidad de campo o densidad de potencia en varios puntos en el espacio relativo a la antena. Un patrón de radiación típico se muestra en la figura 2.

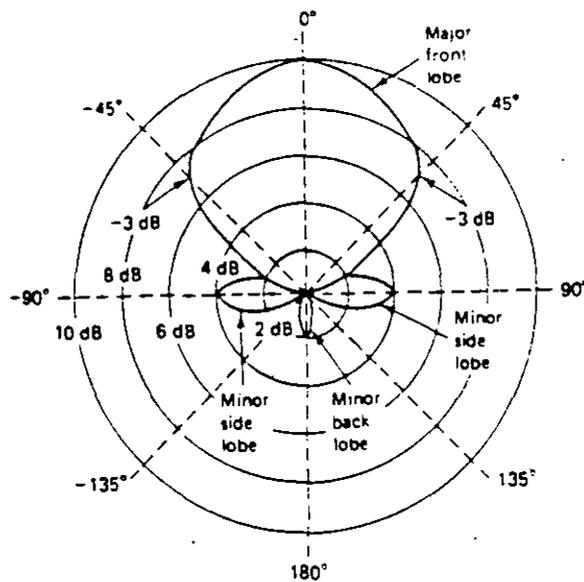


Fig.2

Normalmente los lóbulos menores representan una radiación o recepción indeseada. El lóbulo mayor propaga o recibe la mayor cantidad de energía, este lóbulo es llamado frontal, los adyacentes son llamados laterales y los lóbulos en la dirección opuesta es llamado posterior.

ANCHO DE HAZ

El ancho de haz es el campo de apertura máxima de una antena señalado por el ángulo obtenido cuando la potencia se encuentra a su valor medio (-3 dB) sobre el lóbulo mayor del plano de radiación. El ancho de haz de una antena se muestra en la figura 3.

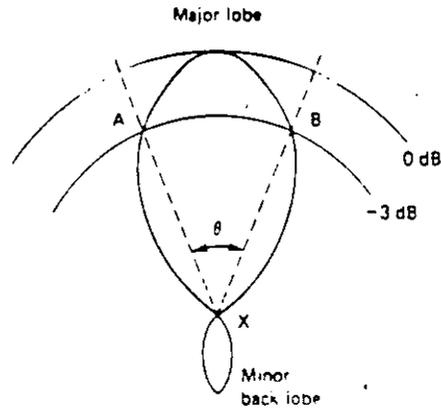


Fig 3.

Se entiende por polarización de una onda al comportamiento temporal de la intensidad de campo eléctrico en un punto fijo del espacio. Es decir, de acuerdo a la forma en que viaja el campo eléctrico E en el espacio.

Los diferentes tipos de polarización son:

Polarización lineal (horizontal y vertical).

Polarización circular.

Polarización elíptica.

Por lo tanto la polarización de una antena se refiere simplemente a la orientación del campo eléctrico radiada por ésta.

Para poder medir el patrón de radiación de una antena es necesario que el equipo de medición se encuentre dentro de una cierta región llamada campo lejano.

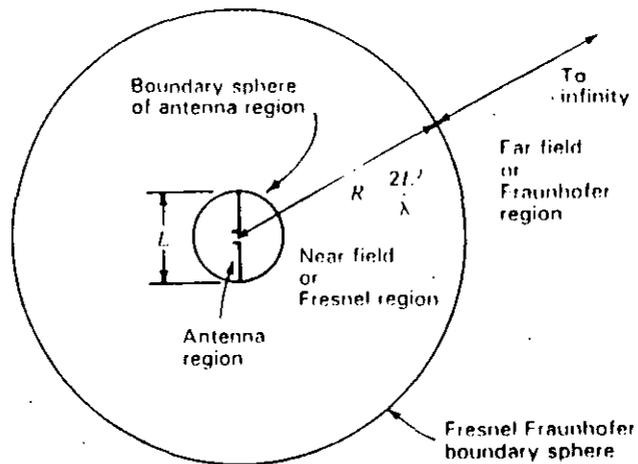


Fig. 4

Refiriéndonos a la figura 4 el límite entre los dos campos tendrá un radio:

$$R = 2L^2/\lambda$$

Si $R < 2L^2/\lambda \Rightarrow$ Campo cercano o de inducción.

Si $R > 2L^2/\lambda \Rightarrow$ Campo lejano o de radiación.

Donde: $L =$ máxima dimensión de la antena, m.

$\lambda =$ longitud de onda, m.

~~Donde: η = eficiencia de la antena (%).~~

Pr = potencia radiada por la antena.

Pd = potencia disipada en la antena.

DIRECTIVIDAD

La directividad o ganancia directiva es la relación de la densidad de la potencia radiada en una dirección particular a la densidad de potencia radiada al mismo punto por una antena de referencia, asumiendo que ambas antenas están radiando la misma cantidad de potencia. La directividad matemáticamente puede escribirse de la siguiente manera:

$$D = \frac{P}{P_{ref}}$$

Donde: D = directividad.

P = densidad de potencia en un mismo punto con una antena particular.

Pref = densidad de potencia en el mismo punto con una antena de referencia.

GANANCIA

La ganancia es una medida de la habilidad de una antena de dirigir la potencia deliberada a una dirección particular. Se puede expresar como:

$$G = D\eta$$

en dB:

$$G = 10 \log \frac{P}{P_{ref}} \eta$$

Donde: G = ganancia de la antena.

η = eficiencia.

En la región lejana o de Fraunhofer los componentes para la medición del campo son transversales a la dirección radial de la antena y todo el flujo de energía es dirigido radialmente hacia afuera. En la región cercana o de Fresnel, la componente del campo eléctrico es longitudinal y el flujo de energía no es totalmente radial.

RESISTENCIA DE RADIACION

Toda la potencia alimentada a la antena no es radiada. Algo de esta es convertida en calor y disipada. La resistencia de radiación es algo irreal y no puede ser medida. Matemáticamente la resistencia de radiación es:

$$R_r = P/i^2$$

Donde: R_r = resistencia de radiación.

P = potencia rms radiada por la antena.

i = corriente rms de la antena.

La resistencia de radiación es la resistencia que, si ésta remplazara la antena, pudiera disipar exactamente la misma cantidad de potencia que radia la antena.

EFICIENCIA DE LA ANTENA

Es la relación de la potencia radiada por una antena a la suma de la potencia radiada y la potencia disipada o la relación de potencia radiada por la antena y la potencia total de entrada. Matemáticamente, la eficiencia de la antena es:

$$\eta = \frac{P_r}{P_r + P_d} \times 100$$

IMPEDANCIA DE ENTRADA

La radiación de una antena es el resultado directo del flujo de corriente de RF, que se desplaza a través de una línea de transmisión. El punto de la antena donde la línea de transmisión es conectada es llamado punto alimentador; este presenta una carga de ac sobre la línea de transmisión llamada impedancia de entrada de la antena. Si la impedancia de salida del transmisor y la impedancia de entrada de la antena son iguales a la impedancia característica de la línea de transmisión no habrá ondas estacionarias sobre la línea y la potencia máxima es transferida a la antena y radiada.

DIPOLO CORTO

El tipo más sencillo de una antena es el dipolo corto; se considera eléctricamente corto cualquier dipolo que es menor de un décimo de longitud de onda de largo. Este concepto es útil para comprender mejor el funcionamiento de las antenas.

MONOPOLO O ANTENA DE MARCONI

Un monopolo tiene una longitud de un cuarto de longitud de onda montado verticalmente y con un plano de tierra. Las características de este tipo de antenas son similares a la antena de Hertz, debido a las ondas reflejadas sobre el plano de tierra. La figura 5 muestra la distribución de corriente y de voltaje de dicha antena.

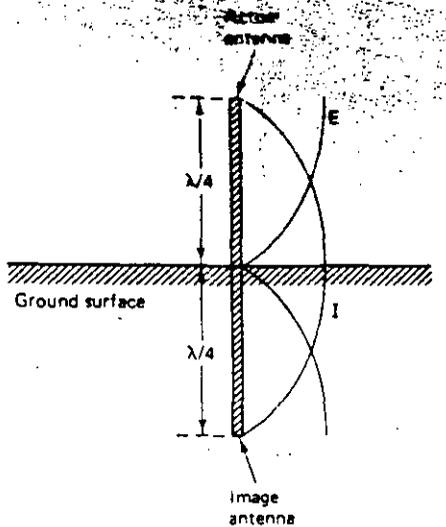


Fig. 5

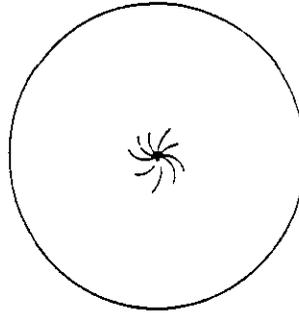
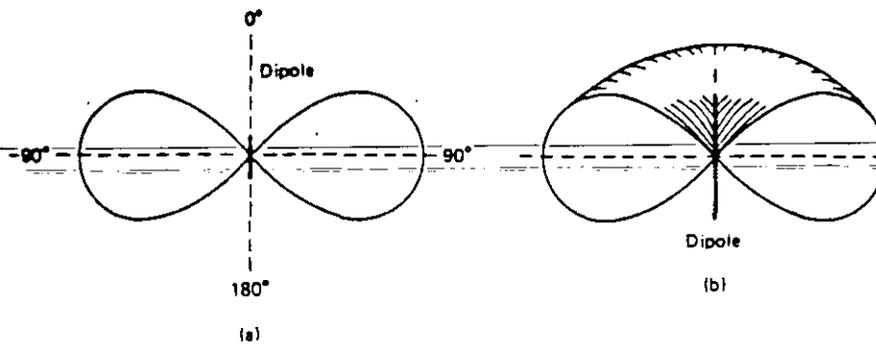
Puede verse que si la antena de Marconi es montada directamente sobre la superficie de la tierra producirá una imagen y el patrón de radiación será igual al de una antena de media longitud de onda.

DIPOLO.

Esta antena es un radiador recto alimentado usualmente por su centro y produciendo una radiación máxima en el plano normal al eje. El dipolo de media longitud de onda, también conocida como antena de Hertz, es una de las antenas más ampliamente usadas a frecuencias por encima de 2 MHz. A frecuencias de bajo de 2 MHz, la longitud física prácticamente no puede ser posible.

Este radiador de media longitud de onda puede ser considerado como un número infinito de dipolos cortos.

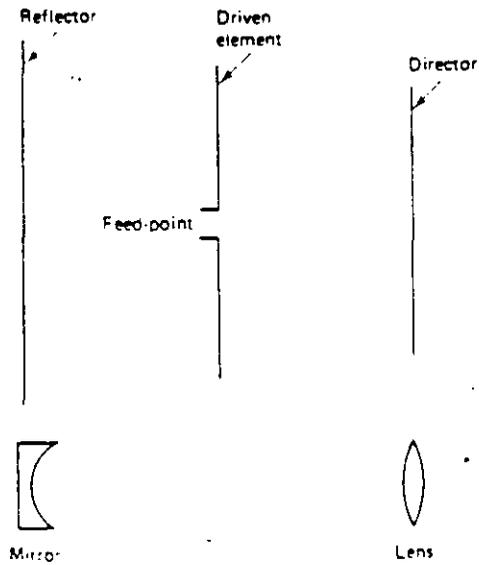
La figura 6 muestra los patrones de radiación de un dipolo de $\lambda/2$:



ARREGLO DE ANTENAS.

Un arreglo de antenas esta formado de dos o más elementos combinados para formar una sola antena. Un elemento es un radiador individual que puede ser un dipolo de media o un cuarto de longitud de onda. Estos elementos son colocados de tal manera que su campo de radiación interactua con otro, produciendo un patrón de radiación que es la suma de los campos. El propósito fundamental de antenas es el incrementar la directividad de una antena y concentrar la potencia radiada en una área geográfica.

En esencia, hay dos tipos de elementos: conductores y parásitos. Los elementos conductores son elementos que estan directamente conectados a la línea de trasmisión. Los elementos parásitos no estan alimentados; estos reciben la energía a través de la inducción mutua con los elementos conductores. La figura 7 muestra un arreglo:



ANTENA YAGI-UDA.

Esta antena es un arreglo lineal que esta formado de un dipolo y dos o más elementos parásitos alimentados indirectamente. Se sabe que, para que un dipolo pasivo sea reflector, su reactancia debe ser inductiva; por eso la longitud del reflector se toma algo mayor que $\lambda/2$. El dipolo pasivo se hace director cuando su reactancia es capacitiva; por eso la longitud de los directores se toma algo menor que $\lambda/2$. Practicamente el número de directores puede variar . El espaciamiento entre elementos es generalmente de 0.1 y 0.2 veces la longitud de onda.

La figura 8 muestra la configuración y el patrón de radiación de una antena Yagi.

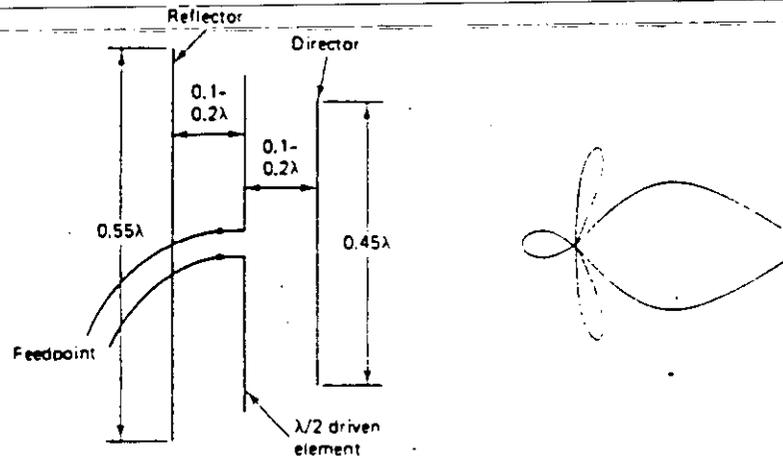


Fig. 8

La directividad típica para una Yagi esta entre 7 y 9 dB. El ancho de banda puede ser incrementado usando un dipolo doblado. Por lo tanto esta antena es comunmente usada para recepci3n de televisi3n VHF.

ANTENA LOGOPERIODICA.

La estructura f3sica de esta antena es repetitiva. En otras palabras, el dise1o consiste de un patr3n geom3trico b3sico que consiste de varios dipolos de diferente longitud y espaciados de acuerdo a una constante de dise1o; relacionado por la f3rmula:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_3}{R_2} = \frac{R_4}{R_3} = \tau = \frac{L_2}{L_1} = \frac{L_3}{L_2} = \frac{L_4}{L_3}$$

$$\tau = \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{L_{n+1}}{L_n}$$

Donde: R = espaciamento de los dipolos
 L = Longitud del dipolo
 τ = constante de diseño (número < 1)

Los dipolos estan a lo largo de una línea recta y el ángulo donde se reúnen es designado por α . Para un diseño típico, $\tau = 0.7$ y $\alpha = 30^\circ$.

La figura 9 muestra la geometría de una antena logoperiódica.

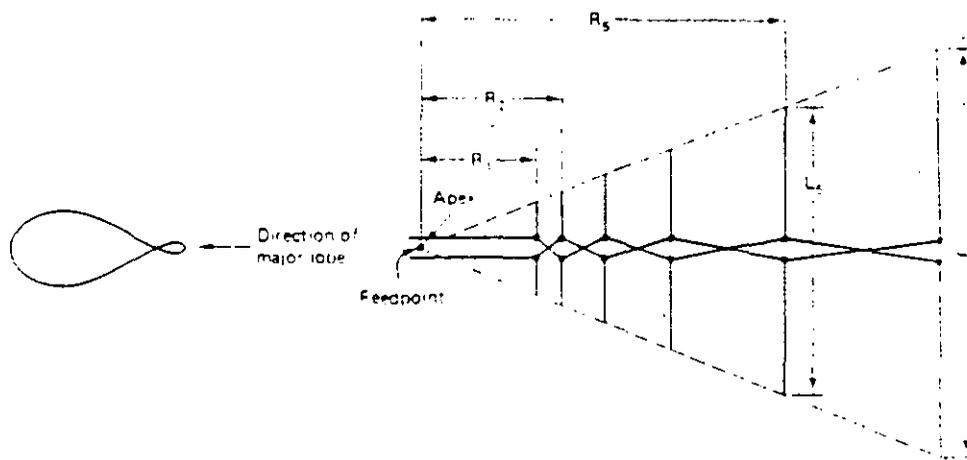
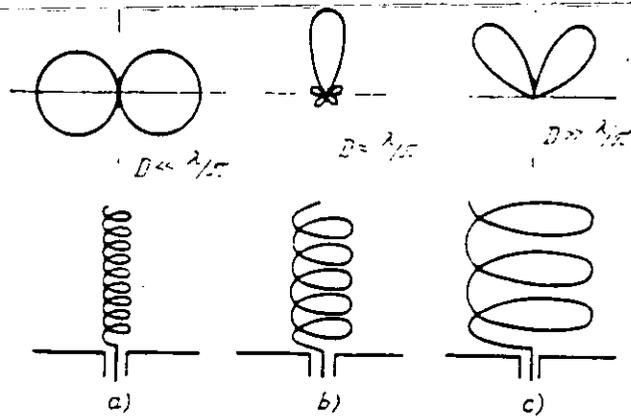


Fig. 9

ANTENAS HELICOIDALES.

En la gama de ondas centimétricas y decimétricas son ampliamente utilizadas las antenas helicoidales cilíndricas que radian un campo de polarización circular en dirección de su eje. La antena consiste en una espiral de alambre de varias longitudes de onda de largo. Un extremo de la espiral queda libre, y el otro extremo se conecta al conductor interno de la línea coaxial y el conductor externo se conecta a un disco metálico, llamado plano de tierra e impide la penetración de las corrientes eléctricas en la superficie exterior de este conductor.



Tres tipos de radiación de la antena helicoidal.

Fig. 10

En la figura 10 se observa este tipo de antena. En la espiral se origina una onda progresiva de corriente eléctrica y la antena radia el máximo de potencia a lo largo de su eje en dirección del movimiento de la onda de corriente.

ANTENA DE APERTURA

Entre las antenas de apertura se encuentran las antenas más difundidas, como las de corneta, reflector parabólico y de ranuras.

ANTENA DE CORNETA

Una antena de corneta es considerada como un estallamiento de la guía de onda. La función de la corneta es producir un frente de fase uniforme con una apertura.

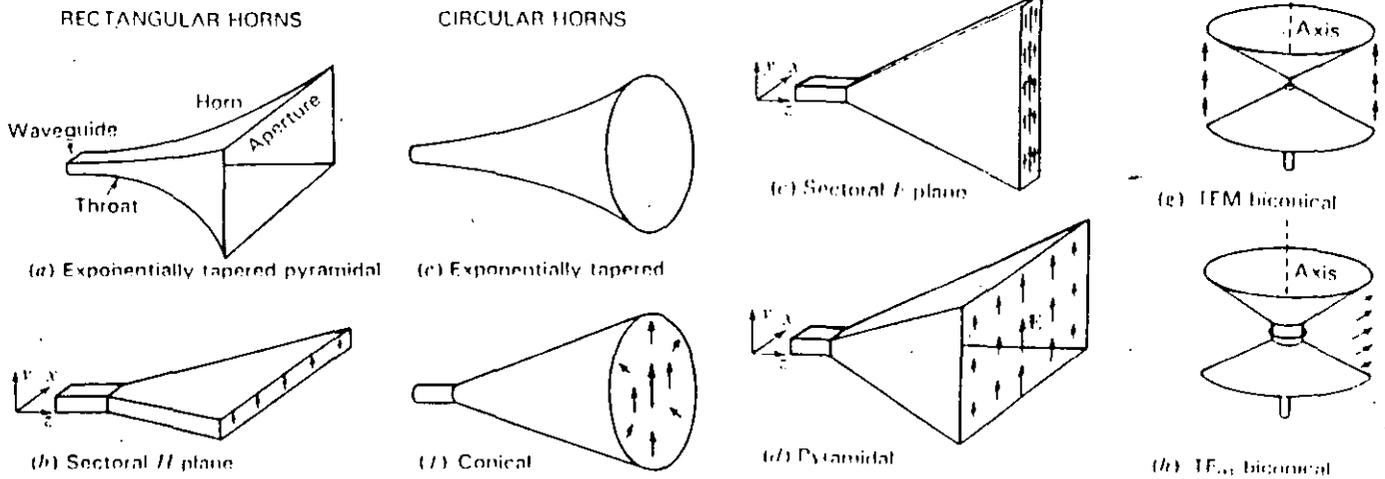


Fig. 11

Varios tipos de cornetas son ilustradas en la figura 11. Las cornetas de la columna izquierda son rectangulares y alimentadas por guías de onda rectangular. Las cornetas de la columna derecha son de tipo circular. Para minimizar las reflexiones de la onda guiada la apertura puede tener una apertura exponencialmente gradual como en la figura a y e.

Para obtener una apertura con distribución uniforme se requiere de una corneta muy larga con un ángulo de estallamiento pequeño. Sin embargo desde el punto de vista práctico conviene que la corneta debe ser tan corta como sea posible. Una corneta óptima esta entre esos extremos y tendrá el mínimo ancho de haz sin exceso de nivel de lóbulos laterales (o más ganancia) para una longitud de onda determinada.

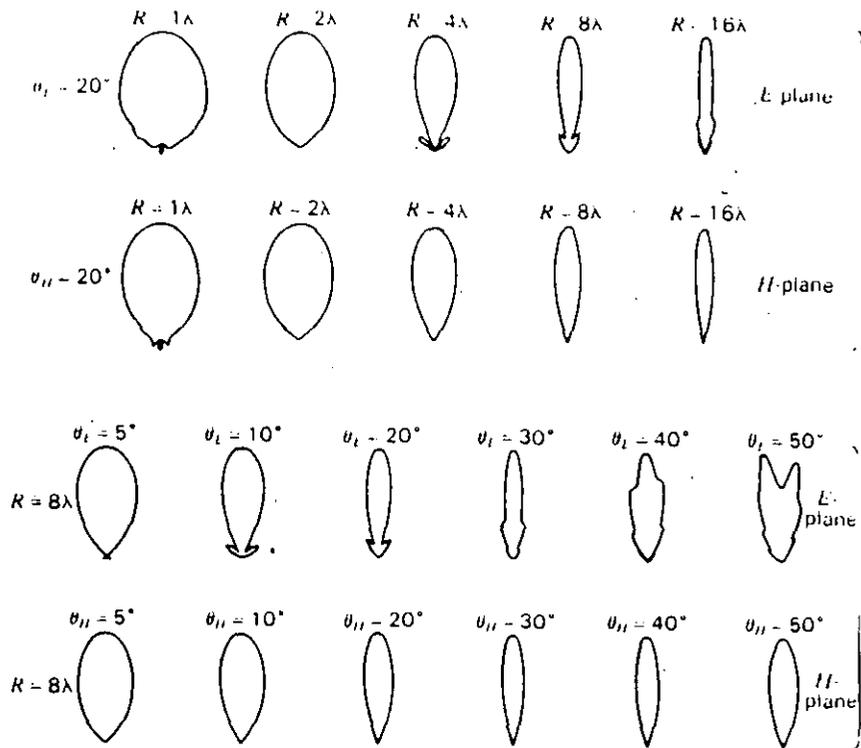


Fig. 12

En la figura anterior se observan diferentes patrones de corneta rectangulares como función del ángulo de estallamiento y de la longitud de la corneta.

ANTENAS CON REFLECTOR PARABOLICO

Las antenas de reflector son el tipo más difundido de antenas direccionales para gamas de ondas centimétricas, decimétricas y en parte métricas. El amplio uso de las antenas de reflector se debe a la sencillez de construcción, la posibilidad de obtener casi todo tipo de diagrama direccional utilizado en la práctica. Las antenas de reflector son las más difundidas en la comunicación espacial y radioastronomía, y precisamente con las antenas de reflector se realizan actualmente gigantescos sistemas de antenas con superficie efectiva de apertura medida en miles de metros cuadrados.

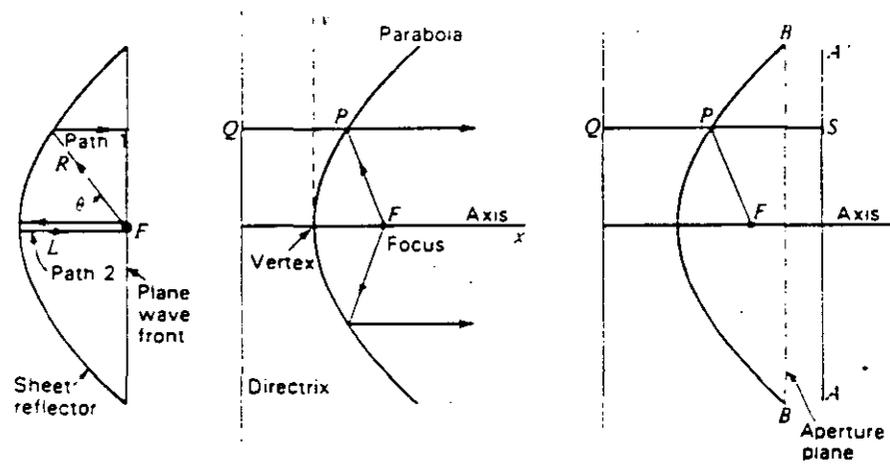
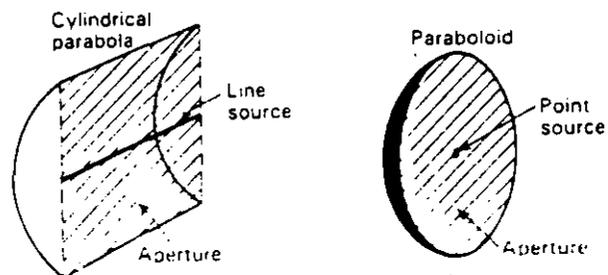


Fig. 13



Los representantes clásicos de las antenas de reflector son las antenas de reflector parabólico (figura 13) que pueden producirse en forma de paraboloides de revolución y cilindro parabólico. El paraboloides de revolución se excita por un alimentador debilmente dirigido situado en el foco, y transforma el frente de onda esférico en plano. El cilindro parabólico se excita por una antena lineal colocada en la línea focal y se transforma el frente de onda cilíndrico en plano.

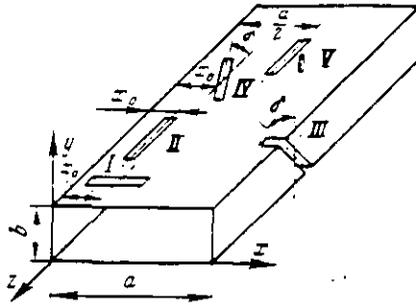
Las propiedades geométricas son tales que, los haces que se dirigen del foco son reflejados en la parábola y se hacen paralelos al eje focal.

La característica principal de una antena parabólica es su ganancia, la cual es proporcional al tamaño de ésta. Esto es cuanto más grande es la antena, mayor será la cantidad de señal que pueda recibir; sin embargo, el tamaño no es único factor a considerar ya que también es importante tomar en cuenta la eficiencia, así como su tipo de alimentación o configuración.

Dentro del diseño, el material de fabricación toma un papel importante pues no se obtienen los mismos resultados con una antena de aluminio que con una de malla. La determinación del material queda sujeta a la aplicación que se tendrá y al costo.

ANTENAS DE RANURAS

Las antenas de este tipo son redes de muchas ranuras radiantes, alimentadas por una guía de ondas común, y se utilizan preferentemente como antenas de haz uniforme. A menudo se usan las ranuras de media onda, dispuestas de diferente modo en las paredes ancha o estrecha de una guía de onda rectangular ordinaria, (fig. 14).



Tipos de ranuras utilizadas en las antenas de guías de ondas ranuradas

Fig. 14

Una ranura individual de una guía de ondas se excita cuando su lado ancho interseca las corrientes eléctricas que circulan por las superficies internas de las paredes de la guía de ondas.

Bibliografía

ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN

Constantine Balanis

WILEY

THE ARRL ANTENNA BOOK

The American Radio Relay League

MODERN ANTENNA DESIGN

Thomas Milligan

Mc Graw Hill

ELECTRONIC COMMUNICATIONS SYSTEMS FUNDAMENTALS THROUGH ADVANCED

Wyne Tomasi

Prentice Hall



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

SEÑALES CIRCUITOS Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES

CARTA SMITH

M. C. AMANDA GOMEZ GONZALEZ

1 9 9 4

TODO LO QUE USTED QUERIA SABER DE LA CARTA SMITH

Y NO SE ATREVIA A PREGUNTAR

O LO QUE MI MAESTRO NO ME QUIZO ENSEÑAR AMANDA GOMEZ

Las preguntas que surgen al presentar la carta Smith son las que a continuación serán contestadas pensando que al terminar de leer estas notas el usuario tenga una idea clara de que es y para que sirve la carta.

o sean los usos y los abusos.

1.-Que es la carta Smith

R.- Es una herramienta gráfica que se utiliza con frecuencia en el diseño de líneas de transmisión y cálculo de atenuaciones.

La determinación del grado de desacoplamiento de secciones de líneas de transmisión para frecuencias adyacentes a la frecuencia de diseño se realiza fácilmente.

La admitancia de cualquier impedancia de carga se deriva directamente de la carta con un mínimo de cálculo.

La carta Smith puede acomodar cualquier impedancia de carga y cualquier impedancia característica de línea de transmisión, también se demuestra de una manera muy sencilla que el cambio a reactancia o susceptancia positiva o negativa de un valor resistivo conforme la longitud de la sección de $\lambda/4$ o conforme la frecuencia cambia

2.-Que es la impedancia de campo

R.- Cuando el medio de transmisión es el aire, la impedancia de campo corresponde a la impedancia intrínseca del medio, igual a 120π pero cuando el medio en que se propaga es diferente al aire se tendrá impedancia con parte real y parte imaginaria llamada impedancia de onda η .

Una impedancia de campo será aquella variación que va a tener la impedancia de la onda al pasar por la línea de transmisión y cuya distancia z afectará en forma substancial de la manera siguiente.

$$Z(z) = \frac{E_x(z)}{H_y(z)} = \frac{\eta + \Gamma(z)}{\eta - \Gamma(z)}$$

Donde $E_x(z)$ es el campo eléctrico en dirección z

$H_y(z)$ " magnético " " "

η es la impedancia en $z=0$

$\Gamma(z)$ es el coeficiente de reflexión de la onda en el punto de distancia z

$$\Gamma(z) = (\bar{E}_m / E_m^*) e^{2\gamma z}$$

$$= \Gamma(0) e^{2\gamma z}$$

3.-Que es el coeficiente de reflexion

r.- Es la relación que se tiene entre la onda que llega y la onda que se refleja por ser el medio limitado por fronteras.

Debido a que la onda que llega cambia de magnitud y fase a diferentes valores de z entonces el coeficiente de reflexión también cambia a medida que z se hace diferente de cero.

4.-Como nacieron las curvas de la carta Smith

r.-Las bases teóricas de la carta Smith son las siguientes:

$$Z(z) = \frac{E_x(z)}{H_y(z)} = \frac{1 + \Gamma(z)}{1 - \Gamma(z)}$$

$Z(z)/\eta$ = Impedancia normalizada = $\kappa(z)$

$$\kappa(z) = \frac{1 + \Gamma(z)}{1 - \Gamma(z)}$$

con su respectivo

$$\Gamma(z) = \frac{\kappa(z) - 1}{\kappa(z) + 1}$$

Tanto el coeficiente de reflexión como la impedancia normalizada son complejos, por lo que se pueden poner de la siguiente manera:

$$\kappa(z) = r + jx$$

$$\Gamma(z) = \Gamma_r + j\Gamma_i$$

y se puede reescribir la ecuación de la siguiente manera

$$r + jx = \frac{1 + \Gamma_r + j\Gamma_i}{1 - \Gamma_r - j\Gamma_i}$$

agrupando la parte real y la imaginaria

$$r = \frac{1 - \Gamma_r^2 + \Gamma_i^2}{(1 - \Gamma_r)^2 + \Gamma_i^2}$$

$$x = \frac{2\Gamma_i}{(1 - \Gamma_r)^2 + \Gamma_i^2}$$

haciendo que x y r sean constantes reales, se crean una familia de curvas

circulares de características muy particulares

Siendo los círculos en el plano Γ y Γ_1

En el primer círculo se tiene el radio igual a $1/r+1$
y el centro de cada círculo se encuentra en $P_0(r/r+1, 0)$

En el segundo círculo el centro está en $P_0(1, 1/x)$
y el radio es de $1/x$

La carta Smith es la trasposición de los dos juegos de círculos quedando un punto para cada impedancia a la cual le corresponde un valor en r y otro en x y la prolongación de ese punto al plano real e imaginario de Γ dará los valores del coeficiente de reflexión y la distancia desde el 0 de Γ hasta el punto, será el valor del coeficiente.

5.- *Que significados tienen los círculos que rodean al círculo que contiene los valores de r y x*

R.- El primer círculo, el más cercano a las curvas, denota el ángulo del coeficiente de reflexión, y se lee prolongando la línea desde el punto 0 hasta el punto $r+jx$ hasta llegar al círculo.

El segundo círculo es la rotación angular asociada a la distancia que se mueve la carga inicial, de donde se lee en longitudes de onda y es la distancia equivalente de la carga en una línea de transmisión y el tercer círculo es alejándose de la fuente y se lee de acuerdo como lo marcan las flechas.

6.- *Que es el SWR*

R.- Las siglas SWR indican (standing wave ratio) relación de onda estacionaria asociada con ondas uniformes incidentes y reflejadas en una región sin pérdidas y se relaciona con el campo máximo y mínimo eléctrico que a su vez es la relación de $1+\Gamma/1-\Gamma$ a la distancia z .

En la carta Smith tenemos forma de encontrarlo trazando un círculo con radio desde el 0 hasta el punto $r+jx$ y de esa manera encontrar el círculo de SWR o círculo ROE

8.- *Que es una onda estacionaria.*

R.- El fenómeno de reflexión se presenta siempre que una onda, ya sea luminosa, sonora o electromagnética, incide en una frontera que separa dos medios o una discontinuidad en el medio de propagación; la propagación en una línea de transmisión no es la excepción.

Se sabe que cuando una línea de transmisión termina en una impedancia de carga distinta a la impedancia característica, las funciones tensión e intensidad en cualquier punto a una distancia z de la carga se consideran como compuestas de dos ondas que se propagan en sentidos opuestos, y se llaman incidente y reflejada, esta última la que se propaga hacia el generador.

La reflexión puede ser parcial total o nula.

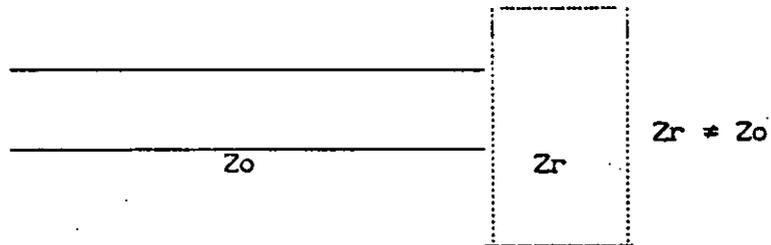
Una reflexión es nula cuando la línea de transmisión está terminada en una

carga cuya impedancia es igual a Z_0 y los efectos de reflexión no existen porque la potencia es transferida totalmente a la carga, o sea que existe un acoplamiento perfecto.

La reflexión es parcial cuando la impedancia de la carga no es igual a Z_0 pero tiene una componente real.

La reflexión es total cuando la línea de transmisión está terminada en CC o CA.

Siempre que exista una reflexión total o parcial, habra onda incidente y reflejada que dan origen a la onda estacionaria.



Para la reflexion total

$$E_1 = E_0 e^{-j\beta z} \quad , \quad E_2 = E_0 \Gamma(z) e^{+j\beta z}$$

En cualquier punto podemos encontrar el valor del campo total si evaluamos la suma de la onda incidente mas la reflejada

$$E_t = E_1 + E_2$$

para una reflexion total, $\Gamma(z)$ es 1 y el campo total es:

$$E_t = 2 E_0 \cos \beta z$$

para la reflexion parcial $\Gamma(z)$ tiene un valor entre 0 y 1

y para una reflexion nula $\Gamma(z) = 0$

9.-Que son las lineas de 1/4 y 1/2 longitud de onda.

R-Para requerimientos especificos se requiere acoplar impedancias o transformar ondas por medio de alargar la distancia desde el generador hasta la carga, esto nos causa modificación en la impedancia de campo de la onda con una impedancia de carga dada en la carta Smith

Esto es muy claro, ya que una impedancia de un cuarto de longitud de onda es equivalente en la carta a trazar una línea desde el punto $r=1$ hasta la impedancia normalizada localizada en los círculos de r y jx y luego trazar el mismo radio para realizar el círculo de SWR constante, de ahí trazar la misma línea desde el punto localizado, $r=1$, y prolongarlo hasta el otro lado de el círculo SWR. El punto de intersección de esta línea con

el círculo SWR nos dara las características de la impedancia pero un $\lambda/4$ despues.

~~Para $\lambda/2$ es equivalente a tener el mismo valor de impedancia de carga~~, por lo que no afecta el valor de la impedancia de campo en nada. (Consideramos que el medio no tiene perdidas) Lo cual nos indica que en la carta, una vuelta completa es de $\lambda/2$

10.-Que es y para que sirve un STUB

R.- Si una carga se conecta en una línea de transmisión y el acoplo requiere un transformador de $\lambda/4$ quizá se use una carga paramete resistiva.

Si la impedancia de carga es compleja un camino para acoplar la carga en la línea es ajustar la reactancia por fuera con una inductancia o capacitancia y con esto acoplar con un transformador de cuarto de onda.

Una línea de transmisión de corto circuito es la que ofrece la ,mejor alternativa para componentes de muy alta frecuencia y a esto se le llama STUB. La figura siguiente muestra una línea con un stub.

La carta Smith tambien considera este caso, como lo indica uno de los problemas resueltos al final de este escrito.

11.-Donde se localizan las reactancias inductivas y capacitivas en la carta.?

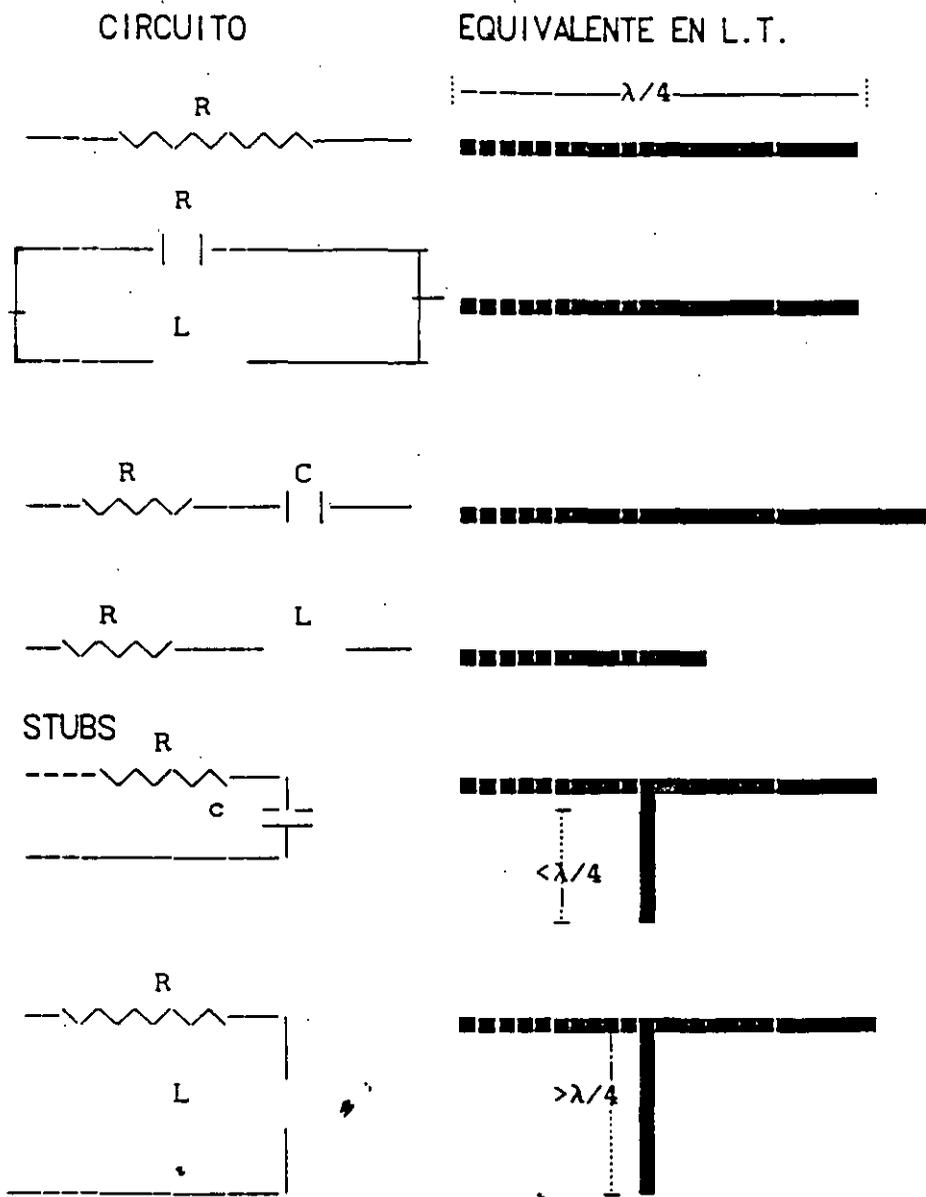
R.- Se localizan en las curvas pertenecientes a jx , para la parte capacitiva corresponden a la parte superior de la curva y para la inductiva en la parte inferior.

Por ejemplo, se desea saber el valor que requiere tener una inductancia para que funcionando en una frecuencia F tenga una impedancia total de $Z + XL$. Se soluciona localizando el punto en la carta se ve el valor de $\Gamma(z)$ en λ , se ve entonces que la línea de transmisión tiene una longitud de $\Gamma(z)$.

Este valor es la longitud física para tener una impedancia $Z + XL$ y para saber el valor de L se recurre a :

$$XL = 2\pi F L = \omega L$$

12.-Cuantas formas existen de ver a las líneas de transmisión como circuitos RCL.



13.-Cuales son las aplicaciones mas comunes de la carta

R.- son las siguientes.

- 1.-Cálculo de la admitancia
- 2.-Cálculo de impedancias o admitancias para cualquier punto de la línea de transmisión con cálculo simultaneo de SWR en la línea
- 3.-Cálculo de la longitud del corto circuito de la línea de transmisión para dar la capacitancia o reactancia inductiva requerida.
- 4.- Acoplamiento de impedancias
- 5.- Diseño de circuitos para amplificadores de bajo ruido con microcintas.

14.-Como podemos obtener el valor del coeficiente de reflexion a partir de la inductancia caracteristica de la línea y la impedancia de carga Zl

R.- El coeficiente de reflexión se define como

$$\Gamma(z) = \frac{Zl(z) - Z0}{Zl(z) + Z0}$$

donde $Zl(z)$ es la impedancia de carga a una distancia z y $Z0$ es la impedancia característica de la línea

El coeficiente de reflexión por lo tanto varía desde -1 a 1

$$\begin{array}{ll} \text{si } Zl(z) > Z0 & \Gamma(z) = 1 \\ \text{si } Zl(z) = Z0 & \Gamma(z) = 0 \\ \text{si } Zl(z) < Z0 & \Gamma(z) = -1 \end{array}$$

15.- Que significa un PWR igual a una

R.- Un SWR igual a 1 significa que existe la máxima transferencia de potencia, o sea que E_{max} es igual a E_{min} .

Cuando existen pérdidas por onda reflejada, SWR es mayor que 1

EJEMPLOS

1.- Supongase una línea de transmisión con impedancia $Z0 = 70$ ohms y que termina en una carga de $ZL = 70 + j70$ ohms. encontrar la magnitud del coeficiente de reflexión y la fase.

Solución

Normalizar la impedancia de carga $x = 1 + j1$ localizarlo en la carta smith, prolongar la línea desde el punto $r=0$ hasta el punto localizado, y ver en el último círculo en valor de $\rho = 0.45$ y el ángulo es de 1.11 radianes o en grados.

2.- Transformación de impedancias.

Considere la línea y la carga como en el ejemplo anterior donde la carga normalizada es $1 + j1$, si una línea de $\lambda/4$ de largo que tiene un ángulo de 90 grados eléctrico, nosotros movemos un ángulo de 180 grados constante por la carta de la que se aleja del generador a favor de las manecillas del reloj, y la impedancia de entrada normalizada se lee ahora como $0.5 - j0.5$. Si la impedancia de entrada es dada y la impedancia deseada es la de carga, el procedimiento es a la inversa.

3.- Determinación de la relación de onda estacionaria y la localización del voltage máximo.

Teniendo una impedancia de carga normalizada de $1 + j1$ se ubica en la carta, se dibuja a lo largo de la línea desde la carga hasta la línea de resistencia pura a favor de las manecillas, y la distancia en longitudes de onda desde la línea de A hasta C es 0.088. El valor máximo de la resistencia normalizada con esta relación de onda estacionaria es de 2.6

4.- Cálculo de la admitancia

En este ejemplo la carta Smith se usa en admitancias para analizar la línea acoplada cuando se emplean cortos circuitos variables para producir una onda estacionaria unitaria.

$Z_0 = 50$ ohms

$Z_{0s} = 70$ ohms en el corto.

Asumir una $Z_1 = 20 - j20$

Requerimos calcular la longitud del corto $z = -lm$ y la longitud del stub es de ls . La admitancia se utiliza en la carta porque es mas apropiada para manejar las formulas.

La admitancia de carga es $Y_1 = 1/Z_1 = 0.025 + j0.025$ y la admitancia característica es $Y_0 = 1/Z_0$, la admitancia de carga normalizada es $1.25 + j1.25$

La admitancia de entrada se cortocircuita como se indica en la figura, dando una admitancia puramente real $Y_1 = -Y_0 \cot \beta l$ esto nos da $-z = lm$ de donde la admitancia se normaliza en la parte real $g=1$ y la parte inmaginaria b que sera cancelada por Y_1s .

5.-Calcule la longitud de linea requerida de un corto circuito a un lado de la salida para la suceptancia de una carga con :

$$Y = (0.004 - j 0.002)$$

Situada sobre una linea de transmisi3n de aire dieléctrico con una admitancia característica

$Y_0 = 0.00335$, con una frecuencia de 150Mhz.

Soluci3n :

Normalizar la admitancia, dado que:

$$k = Z(z)/Z_0 ; Y = Y(z)/Y_0$$

$$Y = 0.004 - j0.002 / 0.0033 = 1.21 - j0.61$$

La suceptancia normalizada requerida que cancela la suceptancia normalizada de carga es de $+ 0.61j$.

De la carta, la longitud de linea requerida, da una admitancia normalizada de entrada de 0.61 cuando la linea es corto circuito esta dado por :

$$\text{Longitud} = 0.250 + 0.087 = 0.337 \lambda$$

Dado que una linea tiene aire como dieléctrico, el factor de velocidad es 1, entonces :

$$V_c = F\lambda$$

$$\lambda = V_c/F = 300 \times 10^8 / 150 \times 10^6 = 2 \text{ metros}$$

$$\text{Longitud} = 0.337 \lambda = 0.337 \times 200 = 67.4 \text{ Cm.}$$

IMPEDANCE OR ADMITTANCE COORDINATES

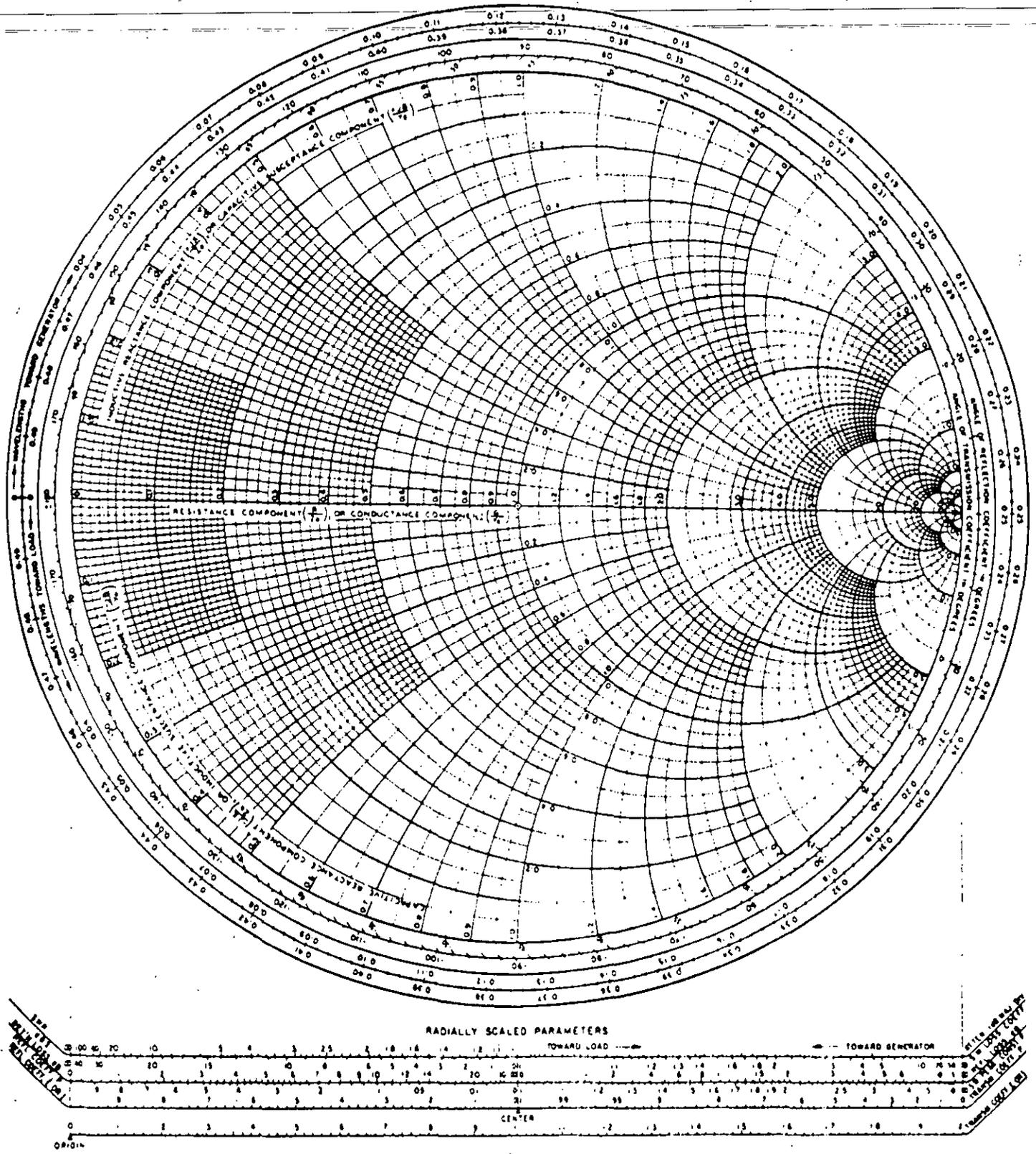


Figure 2.2.2 The Smith chart. (Reproduced with permission of Kay Electric Co., Pine Brook, N.J.)



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

SEÑALES CIRCUITOS Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES

ANTENAS DE MICROCIANTA

ING.GERARDO ALEJANDRO NEYRA ROMERO
ING. LUIS FERNANDO CAZARES TENORIO

1 9 9 4

ANTENAS DE MICROCINTA

ING. GERARDO ALEJANDRO NEYRA ROMERO

ING. LUIS FERNANDO CAZARES TENORIO

I INTRODUCCIÓN

Las Antenas de Microcinta representan uno de los tópicos más innovadores dentro del campo. La idea de este tipo de antenas data de los años 50, pero fué hasta los 70 que se le dió una seria atención a este elemento cuando fueron requeridas antenas de bajo perfil para las nuevas generaciones de misiles y cohetes. Este fué el primer paso, ya que a partir de aquí, se observó un amplio potencial de uso que tenían, dando nacimiento a una nueva industria.

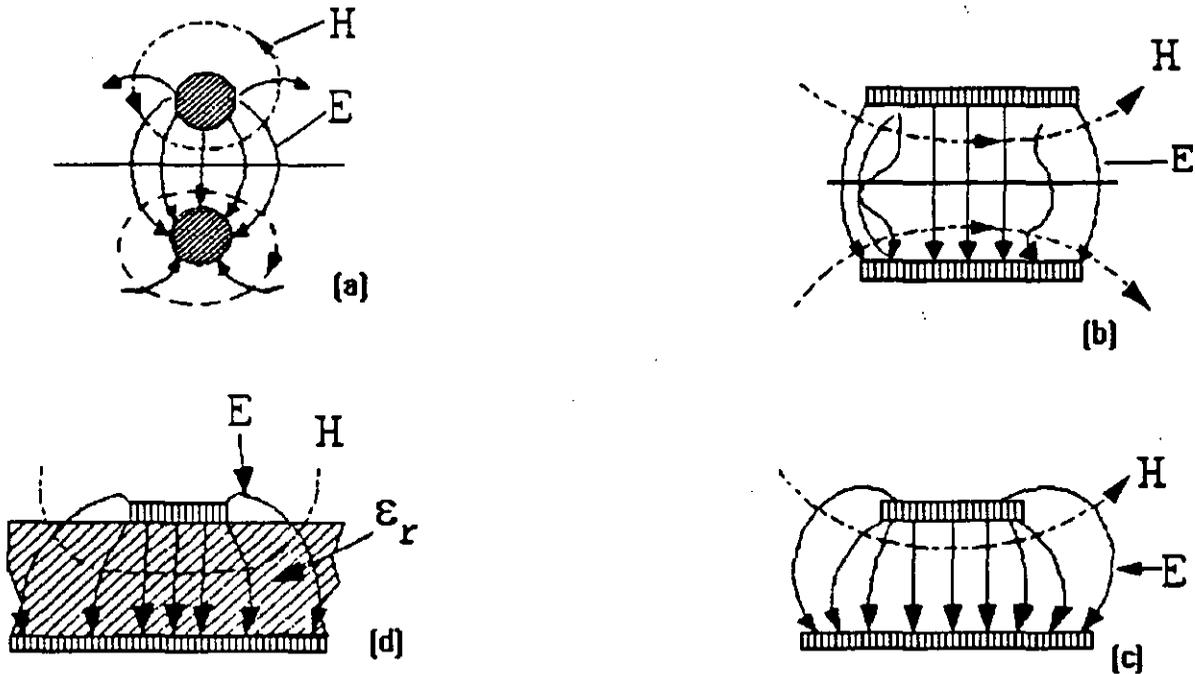
Tabla 1. Aplicaciones de la tecnología de antenas de microcinta

Aeronaves	Radar, comunicaciones, navegación, altímetro, sistemas de aterrizaje.
Misiles	Radar, guía.
Satélites	Comunicaciones, difusión directa de TV, percepción remota, radares y radiómetros.
Barcos	Comunicaciones, radar, navegación.
Vehículos terrestres	Telefonía móvil vía satélite, radio móvil.
Otros	Sistemas biomédicos, alarmas contra intrusos.

La microcinta está catalogada dentro de las líneas planas de transmisión, es compacta, de bajo costo y puede fabricarse por medio de procesos fotolitográficos. Está formada por una tira conductora y un plano de tierra separados por un medio dieléctrico que sirve como substrato.

La figura 1 muestra la evolución de la microcinta a partir de una línea integrada por dos conductores. La transformación de

(a) a (b) es esencialmente un cambio en la forma de los conductores, mientras que de (b) a (c) involucra el cambio de una placa conductora al plano de simetría. La configuración final (d) se obtiene insertando un dieléctrico entre los dos conductores.



Por ser una estructura abierta, la microcinta es apropiada para conectar elementos pasivos y/o activos en el mismo substrato, sin embargo, esta misma ventaja es una dificultad al efectuar su análisis matemático ya que como se observa en la figura 2 existe una región de transición aire-dieléctrico que afecta a los campos TEM.

No obstante, dado que las ventajas son mayores que las desventajas, se ha continuado en el desarrollo de este concepto.

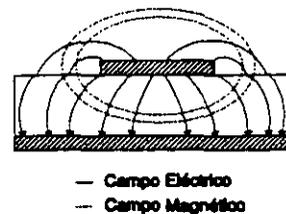


Figura 2. Campos TEM en una microcinta.

II CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LAS ANTENAS DE MICROCINTA

Gracias a la facilidad con que pueden construirse este tipo de antenas, se han creado diversas formas geométricas y tamaños, las más representativas se presentan en la figura 3.

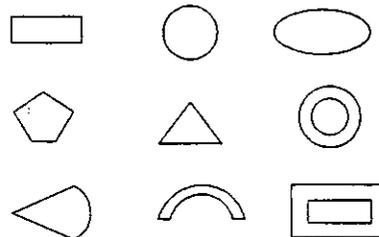


Figura 3. Diversas geometrías para radiadores de microcinta.

El análisis matemático es más complejo de acuerdo a la geometría del radiador razón por la cual, se hará la revisión de los radiadores rectangulares. La figura 4 muestra una antena de microcinta rectangular de ancho W , largo L y constante dieléctrica ϵ_r .

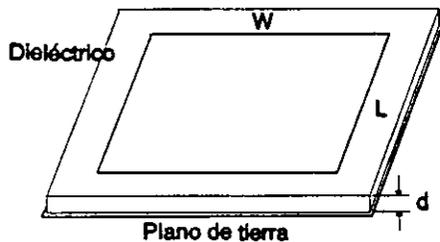


Figura 4. Radiador rectangular de microcinta.

Considere una antena de microcinta rectangular con un alimentador de prueba (figura 5). Cuando se encuentra operando en el modo de transmisión, la antena está manejada con un voltaje entre el alimentador de prueba y el plano de tierra. Esto excita la corriente en el radiador, y un campo eléctrico vertical entre el radiador y el plano de tierra.

El sustrato dieléctrico es usualmente delgado¹ así que los componentes del campo eléctrico paralelo al plano de tierra deben ser muy pequeños a través del sustrato. El elemento radiador resuena cuando su longitud está cerca de $\lambda/2$ guiando a una corriente relativamente grande y amplitudes de campo.

¹ Se considera que un sustrato es eléctricamente delgado cuando su grosor es menor a 0.05λ .

Desde el punto de vista del teorema de equivalencia hay muchas maneras de interpretar la radiación resultante. La antena puede ser vista como una cavidad con radiadores del tipo de ranura en $x=0$ y $x=L$, con corrientes magnéticas equivalentes $\vec{M} = \vec{E} \times \vec{D}$,

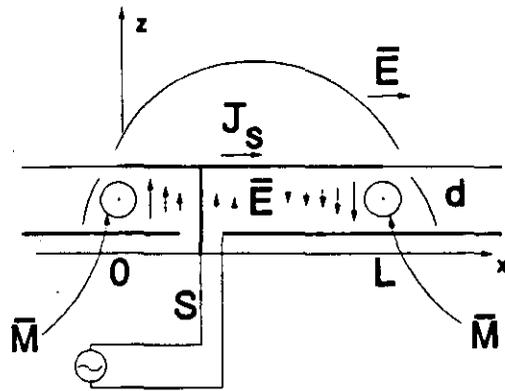


Figura 5. Antena de microcinta rectangular con alimentador coaxial.

radiando en presencia del substrato dieléctrico aterrizado. Alternativamente, la radiación puede ser considerada como si fuera generada por la densidad de corriente inducida en la superficie $\vec{J}_s = \vec{n} \times \vec{H}$ en el elemento radiador en presencia del substrato dieléctrico aterrizado.

En cualquiera de los dos casos, el patrón de radiación se observa en la figura 6.

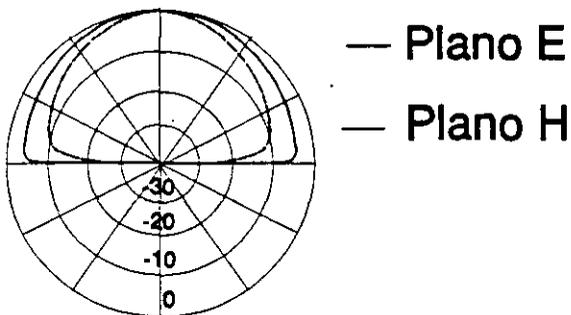


Figura 6. Patrón de radiación de una antena de microcinta

La impedancia de entrada de la antena de microcinta varía de acuerdo a la posición del punto alimentador en el radiador. Esto se visualiza por medio del modelo de línea de transmisión, uno de los primeros que se emplearon para el análisis de

estas antenas, donde el voltaje y la corriente en un radiador rectangular son expresados con la siguiente expresión:

$$\text{voltaje} = V(x) = V_0 \cos \frac{\pi x}{L}$$

$$\text{corriente} = I(x) = \frac{V_0}{Z_0} \text{sen} \frac{\pi x}{L}$$

Donde x es la posición del alimentador y L es la longitud del radiador. Para un alimentador localizado en una orilla ($x=0$ ó $x=L$) el voltaje es máximo y la corriente mínima, así que la impedancia es un máximo. Si el alimentador se coloca en el centro del radiador, ($x=1/2$) el voltaje es cero y la corriente es máxima, así que la impedancia de entrada es mínima. Impedancias del orden de 150 a 300 Ω se han encontrado al colocar el punto de alimentación en una de las orillas radiantes.

A medida que el sustrato sea más delgado, los análisis que se hagan tendrán mayor exactitud; sin embargo, esto implica que el factor de calidad Q del radiador sea alta y que el ancho de banda sea pequeño, por consiguiente, se presentan dos tendencias: El ancho de banda se incrementa con el grosor del sustrato y decrece con el incremento en la permitividad del sustrato.

Esto nos lleva a concluir que las antenas de microcinta operan mejor cuando el sustrato es eléctricamente grueso con una constante dieléctrica baja. Por otra parte un sustrato delgado con una constante dieléctrica alta es preferible para líneas de transmisión de microcinta y para circuitería de microondas.

Aquí se presenta una de las paradojas asociadas con el concepto de las antenas de microcinta ya que una de sus ventajas es la de poder integrarse fácilmente con una red alimentadora y circuitería en el mismo sustrato. Si esto se realiza, debe hacerse algún compromiso entre el buen funcionamiento de la antena y del circuito. La raíz de este problema descansa en el hecho de que la radiación de la antena y de los circuitos son funciones eléctricas distintas, ya que un antena requiere campos limítrofes dispersos, mientras que la circuitería necesita campos estrechos para prevenir radiaciones ó acoplamientos indeseados.

Las pérdidas en la antena de microcinta ocurren en tres formas: Pérdidas en el conductor, en el dieléctrico y la excitación de ondas superficiales. Excepto para sustratos extremadamente delgados, las pérdidas en el conductor y en el dieléctrico son pequeñas. Las ondas superficiales no contribuyen al patrón de radiación primario y se incrementan con el grosor del sustrato y la constante dieléctrica. Esta es otra razón para preferir un sustrato con constante dieléctrica baja.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de las antenas de microcinta

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Perfil bajo	Eficiencia baja
Peso ligero	Ancho de banda bajo
Sencillo para fabricar	Radiaciones ajenas de alimentadores uniones y ondas superficiales
Pueden ser conformables	Problemas de tolerancia
Bajo costo	Requieren de sustratos de calidad y buena tolerancia a la temperatura
Pueden ser integrados con circuitos	Agrupamientos de alto funcionamiento requieren de complejos sistemas alimentadores
Los agrupamientos simples pueden ser fácilmente creados	La pureza de la polarización es difícil de conseguir

Tabla 3. Requerimientos aproximados para el buen funcionamiento de un radiador rectangular.

REQUERIMIENTO	TAMAÑO DEL SUBSTRATO (h)	PERMITIVIDAD RELATIVA (ϵ_r)	ANCHURA DEL RADIADOR (w)
Alta eficiencia de radiación	Grueso	Baja	Ancho
Pérdidas bajas en el dieléctrico	Delgado	Baja	—
Pérdidas bajas en el conductor	Grueso	—	—
Impedancia del ancho de banda	Grueso	Baja	Ancho
Pérdidas por radiaciones extrañas (ondas superficiales)	Delgado	Baja	—
Pérdidas por polarización cruzada	—	Baja	—
Peso Ligero	Delgado	Baja	—
Robustez	Grueso	Alta	—
Baja sensibilidad a tolerancias	Grueso	Baja	Ancho

III ANÁLISIS DE ELEMENTOS RADIANTES UNITARIOS.

El análisis de microcinta es complicado por la presencia de un dieléctrico no homogéneo, con características eléctricas de banda estrecha y una amplia variedad de configuraciones de radiadores, alimentadores y substratos. Los métodos para analizar las características de los elementos radiantes están clasificados en base a las simplificaciones que se haga de las antenas. Estos métodos son:

- a) Reducido ó empírico
- b) Semiempírico
- c) Onda completa

III.1 Análisis Reducido ó Empírico.

Los análisis reducidos de las antenas de microcinta, se refieren a los modelos que introducen una ó más significativas (pero razonables) aproximaciones para simplificar el problema. Dentro de estos análisis tenemos el Modelo de Línea de Transmisión (MLT) y el Modelo de Cavidad (MC).

El MLT es uno de los más intuitivos para la antena de microcinta, pero adolece de exactitud limitada y necesita de adecuados factores de corrección. Mejorando la exactitud de las admitancias de carga equivalentes que representan las terminaciones abiertas del radiador incluyendo el efecto de radiación de los extremos del radiador, ha mejorado el modelo de línea de transmisión.

El MC asume las siguientes consideraciones:

a) Debido a la proximidad entre la antena de microcinta y el plano de tierra, es válido considerar que E solo tiene componente en z y que H solo tiene componentes en la dirección xy dentro de la región limitada por la microcinta y el plano de tierra.

b) El campo en la región anteriormente mencionada es independiente de la coordenada z para todas las frecuencias de interés.

c) La corriente eléctrica en la microcinta no debe tener componente normal al borde en ningún punto de éste, implicando

con esto, una componente tangencial despreciable de H a lo largo del borde.

Como conclusión a lo anterior la región entre la microcinta y el plano de tierra, pueden ser tratado como una cavidad limitada por paredes eléctricas arriba y abajo y paredes magnéticas en las orillas.

La desventaja de estos modelos ha sido la limitada exactitud para la frecuencia de resonancia y la impedancia de entrada para substratos que no son muy delgados y una limitada capacidad para manejar los problemas relacionados tales con los acoplamientos mutuos, grandes agrupamientos, efectos de ondas superficiales y diferentes configuraciones de substrato.

Los efectos de superficie de onda son importantes desde el punto de vista de las pérdidas y juegan un papel importante en los efectos de acoplamiento mutuo pero no están incluidos directamente en estos modelos.

Tabla 4. Ventajas y desventajas de los modelos empíricos

MODELO O ANALISIS:	VENTAJAS:	DESVENTAJAS:
Línea de Transmisión. (MLT)	Muy intuitivo. Tiene procedimientos de cálculo sencillos. Aplica el método empírico. Proporciona una clara idea física de la antena.	Presenta exactitud limitada. Necesita de adecuados factores de corrección. Aplicable sólo para radiadores rectangulares o cuadrados. Por simplicidad considera a algunos parámetros despreciables, lo cual genera un error en los valores obtenidos.

MODELO O ANALISIS:	VENTAJAS:	DESVENTAJAS:
Cavidad. (MC)	<p data-bbox="623 281 924 302">Aplica el método empírico.</p> <p data-bbox="623 354 980 449">Analiza radiadores de forma regular (rectangular, cuadrada, circular, triangular).</p> <p data-bbox="623 501 1005 522">Complejidad matemática accesible.</p> <p data-bbox="623 575 972 638">Requerimientos de procesamiento computacional realizables.</p> <p data-bbox="623 680 867 701">Más exacto que el MLT</p> <p data-bbox="623 753 1005 806">Proporciona una clara idea física de la antena.</p>	<p data-bbox="1040 281 1365 344">El análisis matemático tiene mayor complejidad que el MLT</p> <p data-bbox="1040 396 1321 449">Requiere mayor tiempo computacional que el MLT</p>

III.2 Análisis Semiempírico

Los Modelos Semiempíricos son una combinación del análisis empírico y de onda completa. Los efectos de onda superficial se toman en cuenta en muchos de estos modelos. Dentro de esta categoría encontramos el Método Variacional o Enfoque Variacional (MV ó EV).

El EV combina el método variacional y la técnica de expansión modal para analizar radiadores de forma arbitraria. El objeto de este método es modelar una antena de microcinta con multiterminales, basado en la suposición de que presenta un substrato delgado. Se asumen paredes magnéticas perfectas en la frontera de la antena. El método aparenta ser potencialmente capaz para casi cualquier radiador de forma arbitraria, así como el hecho de que puede manejar elementos radiadores multipuerto.

Tabla 5. Ventajas y desventajas de los Métodos Semiempíricos

ANALISIS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Enfoque Variacional. (EV ó MV)	Analiza radiadores de cualquier geometría. Aplica el método semi-empírico. Menos complejo que el análisis de onda completa y mayor que el empírico.	Involucra mayor complejidad analítica. Mayor tiempo computacional que el MC)

III.3 Análisis de Onda Completa

Los modelos que manejan al substrato dieléctrico de una forma rigurosa son referidos como soluciones de onda completa. Estos modelos usualmente asumen que el substrato es infinito en extensión en las dimensiones laterales y dan fuerza a las condiciones propias del limite en la interfase aire-dieléctrico. Esto se hace comunmente empleando la función exacta de Green para el substrato dieléctrico, el cual permite que la radiación de onda superficial, las pérdidas en el dieléctrico y el acoplamiento con elementos externos sean incluidos en el modelo.

El uso de la función de Green en una solución del método de momentos resulta en un modelo que es exacto y extremadamente versátil, sin embargo, el costo computacional es alto.

Tabla 6. Ventajas y desventajas de los Metodos de Onda Completa

Análisis	Ventajas	Desventajas
Método de Momentos. (MM)	Aplica método de onda completa. Exacto y riguroso electromagnéticamente. Analiza radiadores de cualquier geometría.	Largo procedimiento analítico y numérico. Mucho tiempo computacional.
Transformación de Dominios. (MTD ó ATD)	Aplica método de onda completa. Exacto y riguroso electromagnéticamente.	Analiza radiadores rectangulares y circulares. Largo procedimiento analítico y numérico. Mucho tiempo computacional.
Transformada Rápida de Fourier con Gradiente Conjugado. (MTRFGC ó CGFTT)	Aplica análisis de onda completa. Exacto y riguroso electromagnéticamente.	Largo procedimiento analítico y numérico. -Mucho tiempo computacional. -Complejidad matemática extrema.

IV AGRUPAMIENTO DE ELEMENTOS DE MICROCIANTA

Con frecuencia las propiedades deseadas de una antena, se obtienen con un elemento radiante de microcinta. Sin embargo, tal como en el caso de las antenas de microondas convencionales, características como: Alta ganancia, rastreo del haz ó capacidad de direccionamiento solo se consiguen cuando se combinan radiadores discretos para formar agrupamientos.

El procedimiento básico para el análisis de agrupamientos es el siguiente:

Primero, se deduce la función de Green para la placa dieléctrica en su forma espectral, para una fuente infinitesimal (dipolo eléctrico ó magnético). Este resultado se extiende a un

arreglo periódico planar de dichas fuentes, con un traslado progresivo para tener el rastreo en el ángulo deseado.

Segundo, se formula una solución por Método de Momentos (MM) para encontrar la distribución de corriente en el elemento de la antena y se escoge un apropiado conjunto de funciones de expansión ponderada.

Tercero, se obtiene una matriz de impedancia, la cual se usa para determinar los coeficientes desconocidos de los modos de expansión. Debido a la naturaleza periódica del arreglo, la distribución de corriente en todos los elementos son iguales, excepto, en el caso de la imposición de un traslado progresivo de la fase.

Debido a lo anterior, formular la solución de MM para una "célula unitaria", es equivalente a encontrar la solución a través del arreglo completo. El acoplamiento mutuo está implícitamente incluido en la solución. Este método ha sido aludido en diferentes ocasiones como: "Solución de Onda Completa" ó como el Método de Galerkin en el Dominio Espectral y se ha aplicado a una gran variedad de problemas de antenas y circuitos de microondas, tanto en elementos unitarios como en agrupamientos.

Una vez que las corrientes han sido determinadas, otras cantidades de interés pueden encontrarse fácilmente; es factible calcular la variación de la impedancia de entrada con el ángulo de rastreo; este resultado es muy importante para el acoplamiento del arreglo sobre el rango de rastreo deseado. Un parámetro relacionado, es el patrón de elemento activo, el cual también proporciona información acerca del funcionamiento del rastreo de el arreglo. Otras características de interés incluyen el nivel de polarización cruzada y la eficiencia del arreglo. Asimismo, cantidades del patrón, tales como la directividad y el nivel de lóbulos laterales dependen del tamaño del arreglo y no es muy significativo para agrupamientos infinitos².

Los agrupamientos de antenas de microcinta pueden clasificarse de acuerdo a:

² Se considera que un arreglo infinito radía una onda plana, con una directividad infinita y un nivel de lóbulo lateral cero.

- a) Distribución espacial.
- b) El tipo de rastreo
- c) Estructura de la antena.

IV.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

La Distribución Espacial considera que los elementos pueden ser idénticos ó diferentes unos de otros y que su distribución es lineal, planar ó volumétrica.

Un arreglo lineal consiste de elementos colocados a distancias finitas unos de otros a lo largo de una línea recta.

De forma similar, un arreglo planar comprende elementos distribuidos en un plano.

Finalmente, un arreglo volumétrico está formado por una distribución tridimensional de elementos.

IV.2 TIPO DE RASTREO

La posibilidad de rastreo es requerida en muchas aplicaciones; particularmente en sistemas de radar donde es factible realizarlo mecánicamente, como en los sistemas tradicionales. Sin embargo, el rastreo electrónico así como el obtenido por agrupamientos de fase y antenas de lente, ofrecen una mayor flexibilidad en la geometría de la exploración así como un rango de rastreo más alto que el obtenido de manera práctica con dispositivos mecánicos.

Un agrupamiento explorado electrónicamente, puede diseñarse para generar simultáneamente varios haces, los cuales pueden ser empleados individualmente.

Existen cuatro técnicas básicas de rastreo electrónico: En fase, con retraso respecto al tiempo, en frecuencia y con switcheo electrónico. Solo las técnicas de rastreo en fase y en frecuencia se han empleado con los agrupamientos de microcinta. Las otras técnicas pueden ser también usadas, pero, como con otros agrupamientos convencionales, su uso ha sido limitado.

IV.3 TIPO DE ESTRUCTURA

Debido a la posibilidad para adaptarse a estructuras con superficies curvas, las antenas de microcinta tienen una variedad de aplicaciones. Su utilización puede ser por ejemplo, en

aviones, barcos, satélites, etc. En muchos casos, donde el radio de curvatura es grande, un aproximación teórica planar es suficiente. Sin embargo, donde el radio de curvatura es pequeño, la curvatura de la superficie no puede ser despreciada.

Un arreglo cilíndrico, puede ser tratado teóricamente como un arreglo infinito en la dirección axial y un arreglo periódico infinito, en la del azimut. Como una alternativa, puede usarse una aproximación elemento por elemento. Cuando el número de elementos es grande, el modelo infinito es preferible, ya que todos los cálculos pueden realizarse considerando una célula unitaria. Cuando el arreglo es finito, los elementos cercanos a la orilla se comportan de diferente forma a los que se encuentran en el centro, debido a la diferencia en el acoplamiento mutuo. Estos efectos de borde deben tomarse en cuenta en el diseño de agrupamientos pequeños y de tamaño moderado y también cuando se requieran lóbulos laterales muy bajos en grandes agrupamientos.

Los cálculos del patrón de radiación, empleando un aproximación de elemento por elemento, involucra el modelado de los elementos de antena y la incorporación del acoplamiento mutuo.

La figura 7 muestra algunas configuraciones de agrupamientos de microcinta.

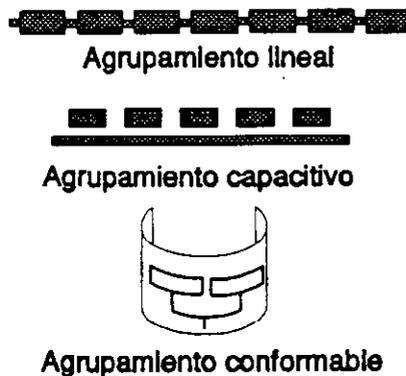


Figura 7. Ejemplos de agrupamientos de microcinta

Tabla 7. Ventajas y desventajas de los diferentes agrupamientos de microcinta

TIPO DE AGRUPAMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Lineal (alimentado en paralelo)	Existe un buen control sobre la dirección del haz.	La red alimentadora provoca grandes pérdidas.

TIPO DE AGRUPAMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Líneal (alimentado en serie)	<p>Las pérdidas son menores que en arreglo alimentado en paralelo.</p> <p>Existe la posibilidad de incrementar el ancho de banda de acuerdo al número de elementos.</p>	<p>La impedancia y la dirección del haz presentan grandes variaciones.</p>
Acoplado capacitivamente	<p>No se requieren puntos de soldadura.</p>	<p>Ancho de banda bajo.</p> <p>La separación entre los elementos está limitado por la longitud del radiador.</p>
Arreglo Planar Infinito	<p>Ampliamente usado en sistemas de comunicación.</p> <p>Es la base para crear los agrupamientos rastreados en fase.</p>	<p>La complejidad en el diseño y análisis es grande.</p>
Arreglo Planar Finito	<p>Proporciona una mejor visión sobre la validez del arreglo planar infinito.</p>	<p>El tamaño de los agrupamientos que puede manejar es limitado.</p>
Rastreo en Fase	<p>Tienen la capacidad para manejar grandes potencias pico ó promedio, ya que existe la posibilidad de conectar transmisores separados a cada elemento.</p> <p>Debido a que no hay necesidad de movimiento mecánico si se emplea el rastreo electrónico, las antenas pueden estar mecánicamente estables con una alta resolución angular.</p> <p>Ya que es factible generar varios haces (fijos y móviles) la operación multimodal es permitida.</p>	<p>Se presenta una cobertura limitada. Teóricamente, un rastreo hemisférico completo es limitado; sin embargo, en la práctica, la exploración está limitada por los efectos de acoplamiento mutuo y la necesidad de evitar grandes lóbulos.</p> <p>El costo y la complejidad son la mayor limitante. El costo es directamente proporcional al número de elementos de aquí que se requiera hacer un compromiso costo-funcionamiento.</p>

TIPO DE AGRUPAMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	Una distribución de apertura en particular puede conseguirse con mayor facilidad con una antena de lenete ó usando reflectores, debido a que la amplitud y fase de cada elemento puede ser controlada individualmente.	Para obtener haces muy angostos, se requiere un gran número de elementos, incrementando con esto no solo los costos y la complejidad, sino también la probabilidad de falla de algunos de los elementos, contribuyendo con esto a la degradación de las características de la antena.
	Presentan una gran eficiencia.	
	Es posible tener una alta relación de datos y tiempos de reacción rápidos.	La estabilidad de fase depende de las condiciones ambientales..
	Con el veloz desarrollo de microprocesadores y computadoras, los agrupamientos pueden ser fácilmente controlados por medio de estos, proporcionando exactos y eficientes sistemas de programación y de adquisición de datos.	

V TÉCNICAS DE ALIMENTACIÓN

Las primeras antenas de microcinta usaban una línea alimentadora de microcinta ó un alimentador coaxial. Estos dos métodos son muy semejantes en operación y ofrecen esencialmente un grado de libertad en el diseño de la antena a través del posicionamiento del punto de alimentación para ajustar el nivel de la impedancia de entrada.

Para el caso del alimentador de línea de microcinta, el radiador puede ser ranurado para proporcionar un punto de alimentación dentro del mismo.

En años recientes se han desarrollado alimentadores que físicamente no están en contacto con el radiador.

El alimentador por cercanía emplea dos capas dieléctricas con una línea de microcinta en el substrato más bajo terminado

en una apertura bajo el radiador que está impreso en el substrato superior.

Otro tipo de alimentador sin contacto es el de apertura acoplada, emplea dos placas de substrato separadas por un plano de tierra. Una línea de alimentadora de microcinta en el substrato inferior se acopla a través de una pequeña abertura (típicamente una ranura rectangular angosta) en el plano de tierra a un radiador de microcinta en el substrato superior. Este arreglo permite tener un substrato delgado con constante dieléctrica baja para el radiador, permitiendo una optimización independiente para ambos elementos.

La figura 8 muestra este tipo de alimentadores.

Tabla 8. Ventajas y desventajas de los métodos de alimentación.

METODO DE ALIMENTACION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Alimentacion por coaxial	No hay pérdidas por radiación en la línea alimentadora. Es posible obtener diferentes valores de impedancia de entrada, modificando la localización del alimentador.	Su fabricación es costosa y complicada. En el caso de agrupamiento de elementos unitarios, es necesario soldar un gran número de puntos.
Línea de microcinta.	Tanto el radiador como el alimentador pueden ser impresos en un solo paso. Facilita la integración de elementos activos.	A frecuencias milimétricas, se presenta el problema de radiaciones espúrias en el alimentador.
Acoplamiento por abertura	Mayor libertad: las redes alimentadoras y los radiadores pueden diseñarse por separado.	Es costoso y complejo, requiriendo de un mayor espacio bajo el plano de tierra.
Ranura en el plano de tierra	Es simple en su fabricación, fácil de integrar con dispositivos activos y bueno para la disipación de calor de estos, Tanto la ranura como el radiador pueden ser grabados en un solo paso	La ranura puede provocar radiaciones espúreas, limitando su uso en grandes redes alimentadoras.

VI SUBSTRATOS

El material dieléctrico del substrato juega un papel esencial en el diseño, producción y funcionamiento del producto terminado.

Durante la etapa de diseño existen varios aspectos de los materiales que deben ser considerados para hacer la elección correcta. Por ejemplo, lo que se ve ideal desde el punto de vista

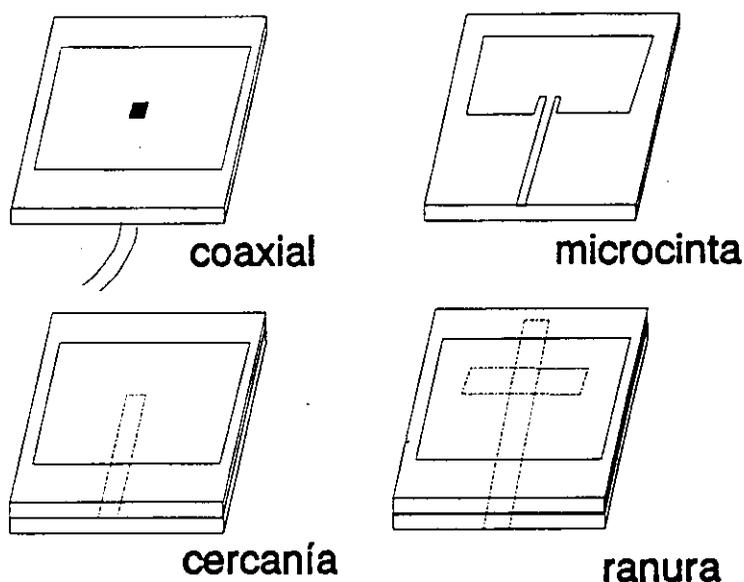


Figura 8. Tipos de alimentación para antenas de microcinta

de diseño, puede no serlo durante la producción y requerimientos del producto final.

Existen muchos materiales dieléctricos en el mercado con rangos que van de 1.17 a 25 y tangentes de pérdidas de 0.0001 a 0.004. Los substratos de mayor uso son los de politetrafluoroetileno (PTFE) reforzados con fibra de vidrio debido a que proporcionan las características eléctricas y mecánicas requeridas, así como por su amplio rango de grosores y tamaños.

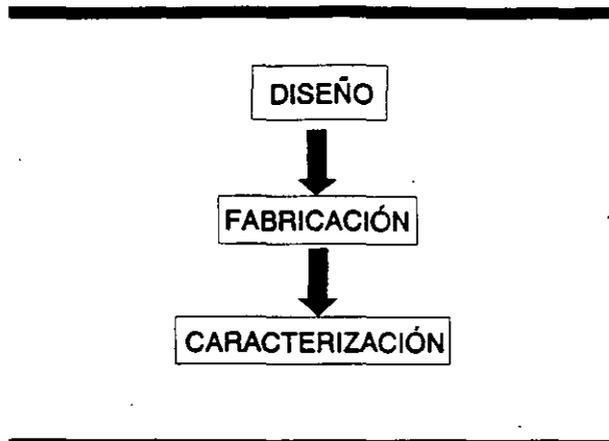
La tabla 9 muestra algunos materiales disponibles en el mercado, junto con sus fabricantes.

Table-9. Sustratos disponibles en el mercado.

ϵ_r	MATERIAL	FABRICANTE
1.0	Aeroweb (panel)	Ciba Geigy, Bonded Structures Div., Duxford, Cambridge, CB2 4QD.
1.06	Eccofoam PP-4	Emerson & Cumming Inc, Canton, Massachusetts, USA.
2.1	RT Duroid® 5880 (Politetraflouroetileno)	Rogers Corp., o 700, Chandler AZ 85224, USA.
2.32	RT Duroid® 5870	Rogers Corp.
3.5	Kapton film.	Dupont (Fortin Laminating Ltd., Unit 3. Brookfield Industrial Estate, Glossop, Derbyshire, UK)
6.0	RT Duroid® 6006	Rogers Corp.
9.9	Alumina	Omni Spectra Inc, 24600 Hallwood Ct. Farmington, Michigan, 48024 USA.
10.2	RT Duroid® 6010	Rogers Corp.

CONSTRUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN

Tal como se ha explicado anteriormente, una de las principales ventajas de las antenas de microcinta, es su facilidad de construcción: Muy semejante a los circuitos impresos.



REFERENCIAS

Gupta K., Garg R., Bahl I.
Microstrip Lines and Slotlines
Artech House, Inc. USA 1979.

Pozar, David M.
Microwave Engineering
Addison-Wesley Publishing Company
USA 1990.

Bahl I., Bhartia P.
Microstrip Antennas
Artech House Canadá 1980.

James J.R., Hall P.S., Wood S.
Microstrip Antennas Theory and Design
Peter Peregrinus U.K. 1981.

Special Issue on Microstrip Antennas
IEEE Transactions on Antennas and Propagation

James J.R., Hall P.S.

Handbook of Microstrip Antennas

Peter Peregrinus U.K. 1989

Bhartia P., Rao K.V.S., Tomar R.S.

Millimeter Waves Microstrip and Printed Circuit Antennas

Artech House. Ontario 1990.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

C U R S O S A B I E R T O S

SEÑALES, CIRCUITOS Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES

COMUNICACIONES DIGITALES

M. en I. Arturo Haro Ruíz

M. en I. Humberto Gómez Naranjo

INDICE.

LA INTERFASE.

INTERFASES DE COMUNICACION EN SERIE.

CARACTERISTICAS MECANICAS DE LA INTERFASE EIA-232-D.

NUEVOS PRODUCTOS PARA APLICACIONES DE LA EIA-232-D.

INTERFASES SERIALES BALANCEADAS (DIFERENCIALES).

INTERFASES DE COMUNICACION EN PARALELO.

LA INTERFASE CENTRONICS.

LA INTERFASE GPIB.

ASPECTOS GENERALES.

OBJETIVOS.

ESPECIFICACIONES ELECTRICAS.

LA INTERFASE SCSI.

LA INTERFASE.

LA INTERFASE ES LA PUERTA O PUNTO DE ENTRADA/SALIDA CON QUE CUENTA UN EQUIPO TERMINAL DE DATOS O COMPUTACION (DTE) PARA EL INTERCAMBIO DE INFORMACION CON OTROS DTE'S EN FORMA DIRECTA O ATRAVES DE UN EQUIPO DE COMUNICACION DE DATOS (DCE), DEPENDIENDO ESTO DE LA SEPARACION FISICA ENTE ELLOS Y LA VELOCIDAD DE TRANSMISION EMPLEADA.

DADO QUE EXISTEN DIVERSOS DTE'S Y DCE'S, ADEMAS DE DIFERENTES FABRICANTES DE ESTOS, SE HACE NECESARIO CONTAR CON ESTANDARES EN LAS PUERTAS DE E/S O INTERFASE.

LOS ESTANDARES INCLUYEN EN SU DEFINICION CUATRO CARACTERISTICAS O ASPECTOS IMPORTANTES QUE SON:

a) **CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE LA SEÑAL.**- ESTO SE REFIERE A NIVELES DE VOLTAJE, CORRIENTE, TIEMPOS DE SUBIDA Y/O BAJADA ETC.

b) **CARACTERISTICAS MECANICAS,**- TODO LO RELACIONADO CON EL TIPO DE CONECTOR EN CUANTO A DIMENSIONES, FORMA, MONTAJE, ETC.

c) **DESCRIPCION FUNCIONAL DE LOS CIRCUITOS DE INTERCAMBIO.**- LA DEFINICION Y LOS NOMBRES DADOS A LAS FUNCIONES QUE REALIZAN LAS SEÑALES ELECTRICAS QUE SE UTILIZAN.

d) **CONFIGURACIONES TIPICAS PARA SISTEMAS DE COMUNICACIONES MAS COMUNES.**- CONFIGURACIONES TIPICAS ENTRE LOS ELEMENTOS DE COMUNICACION.

EXISTEN DIFERENTES COMITES Y ASOCIACIONES INTERNACIONALES QUE FORMULAN LOS ESTANDARES PARA LAS INTERFASES, LOS CUALES SE MUESTRAN EN SU EVOLUCION EN LA FIG. 1.

EN LA INTERCONEXION ENTRE DOS EQUIPOS DE TRANSMISION DE DATOS O COMUNICACION DE DATOS, SE PUEDEN EMPLEAR DOS TIPOS DE INTERFASE; DEPENDIENDO DE LA SEPARACION FISICA ENTE ELLOS, LA VELOCIDAD DE TRANSMISION Y EL EQUIPO DE QUE SE TRATE, ESTA PUEDE SER TIPO **SERIE** O TIPO **PARALELO**.

ESTAS CATEGORIAS SE PUEDEN CLASIFICAR TAMBIEN POR EL TIPO DE INTERFASE EMPLEADO; **TERMINACION SIMPLE (SINGLE ENDED)** Y **TERMINACION DIFERENCIAL (DIFFERENTIAL ENDED)**.

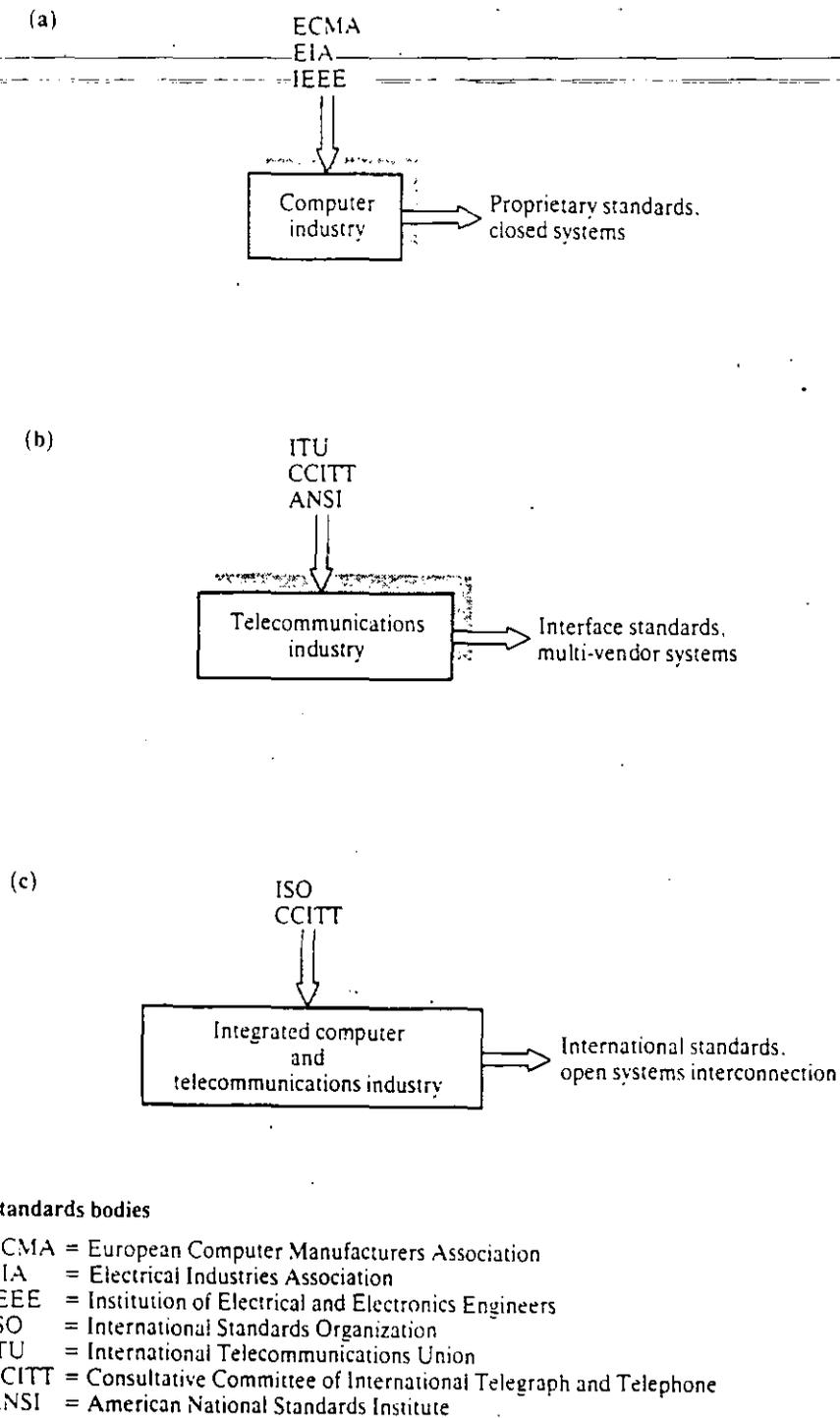


FIGURA 1.- COMITES INTERNACIONALES DE ESTANDARIZACION Y SU EVOLUCION.

EL TIPO DIFERENCIAL ES GENERALMENTE UTILIZADO CUANDO LA INTERFERENCIA POR RUIDO PUEDE SER PROBLEMATICA O CUANDO LAS DISTANCIAS SON GRANDES CON VELOCIDADES DE TRANSMISION ALTA. EL TIPO DE TERMINACION SIMPLE SE UTILIZA CUANDO EL COSTO ES UNA RESTRICCIÓN O CUANDO SE REQUIERE CUBRIR DISTANCIAS CORTAS, POR EJEMPLO, EN APLICACIONES DE ENLACES "BACKPLANE" ES DECIR, ENLACES INTERNOS EN LOS SISTEMAS.

LA FIGURA 2 MUESTRA LAS INTERFASES ESTANDAR SERIE Y PARALELO COMO FUNCION DE LOS PARAMETROS DE VELOCIDAD DE TRANSMISION Y DISTANCIA.

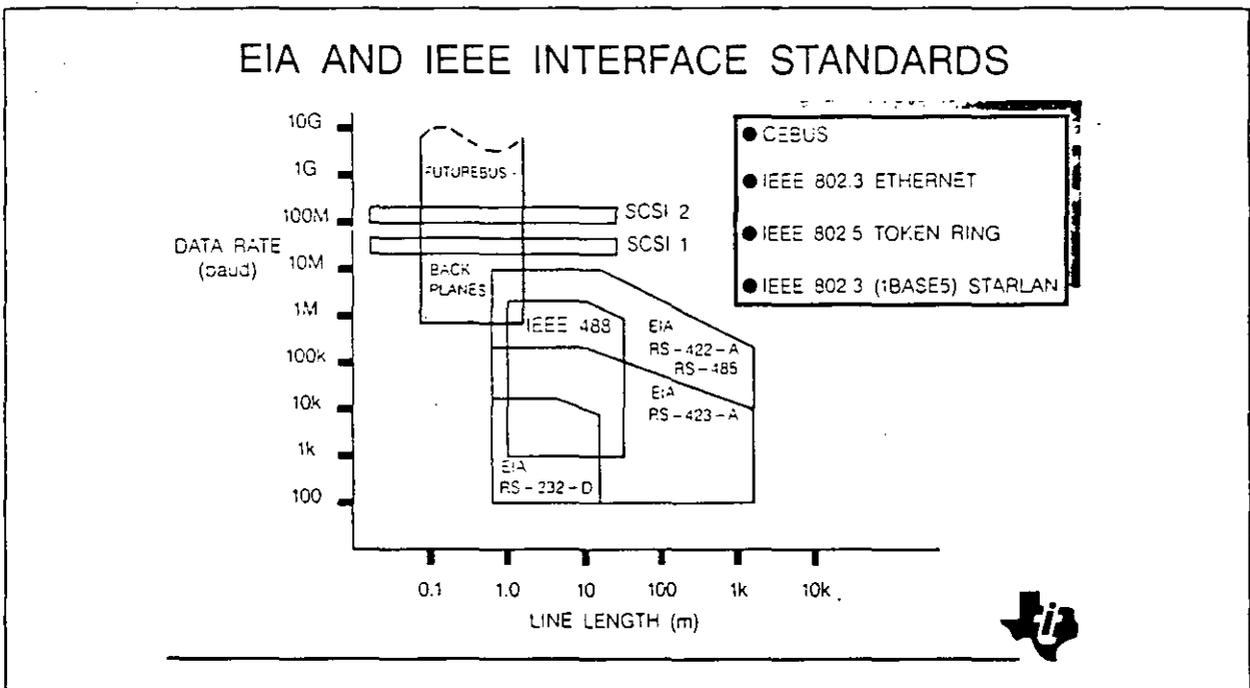


FIGURA 2.- INTERFASES ESTANDAR.

INTERFASES DE COMUNICACION EN SERIE.

~~EN LA COMUNICACION TIPO SERIE SE TIENEN DIVERSOS ESTANDARES COMO SON:~~

EIA-232-D/V.24, EIA-422/V.11, EIA-423/V.11 Y EIA-485/V.35.

LA EIA-232-D (HASTA 1986 CONOCIDA COMO RS-232-C) Y V.24 (DEFINIDA POR LA CCITT) ES LA MAS COMUN Y SE GENERO PARA CONECTAR DTE'S A DCE'S Y PODER UTILIZAR LAS FACILIDADES DE LAS REDES TELEFONICAS CONMUTADAS.

LA DISTANCIA MAXIMA ENTRE LOS EQUIPOS SIN QUE LA SEÑAL SE DEGRADE ES DE 15 m. A UNA VELOCIDAD DE TRANSMISION DE HASTA 20K BITS POR SEGUNDO (BPS).

LAS CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE ESTA INTERFASE SE PUEDEN OBTENER A PARTIR DEL CIRCUITO EQUIVALENTE DE LA FIGURA 3 Y CUYOS PARAMETROS SE RESUMEN EN LA TABLA 1.

CARACTERISTICAS MECANICAS DE LA INTERFASE EIA-232-D.

UN CONECTOR DE 25 VIAS TIPO "D" ES EL COMUNMENTE USADO PARA ESTA INTERFASE. UN CONECTOR MACHO "DB25P" ES USADO EN LOS "DTE'S" Y UN CONECTOR TIPO HEMBRA "DB25S" ES EL USADO EN LOS "DCE'S".

EN LA ACTUALIDAD TAMBIEN SE ESTAN USANDO CONECTORES TIPO "D" DE 9 VIAS EN LOS EQUIPOS PEQUEÑOS.

EN EL DIAGRAMA DE LA FIGURA 4a SE INDICA LA POSICION DE LA INTERFASE CON RESPECTO A LOS EQUIPOS DENTRO DE UNA COMUNICACION, Y EN LA FIGURA 4b LAS SEÑALES DE CONTROL DEFINIDAS PARA ESTABLECER LA COMUNICACION.

EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA COMUNICACION SE EFECTUA UNA SERIE DE INTERCAMBIO DE SEÑALES DE CONTROL ENTRE EL "DTE" Y EL "DCE" CONOCIDO ESTE PROCESO COMO EL "HANDSHAKING".

COMO EJEMPLO: EL PROCESO DE "HANDSHAKING" EN EL ESTABLECIMIENTO DE UNA COMUNICACION ASINCRONA HALF-DUPLEX (DOS HILOS EN UN SENTIDO) SE ESQUEMATIZA EN EL DIAGRAMA DE LA FIG. 5.

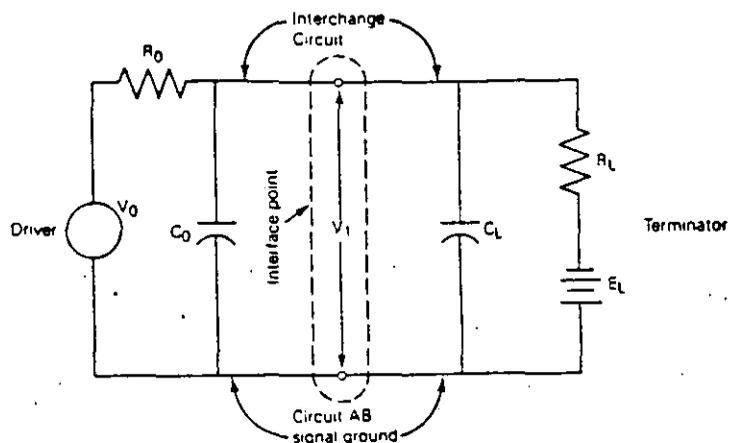
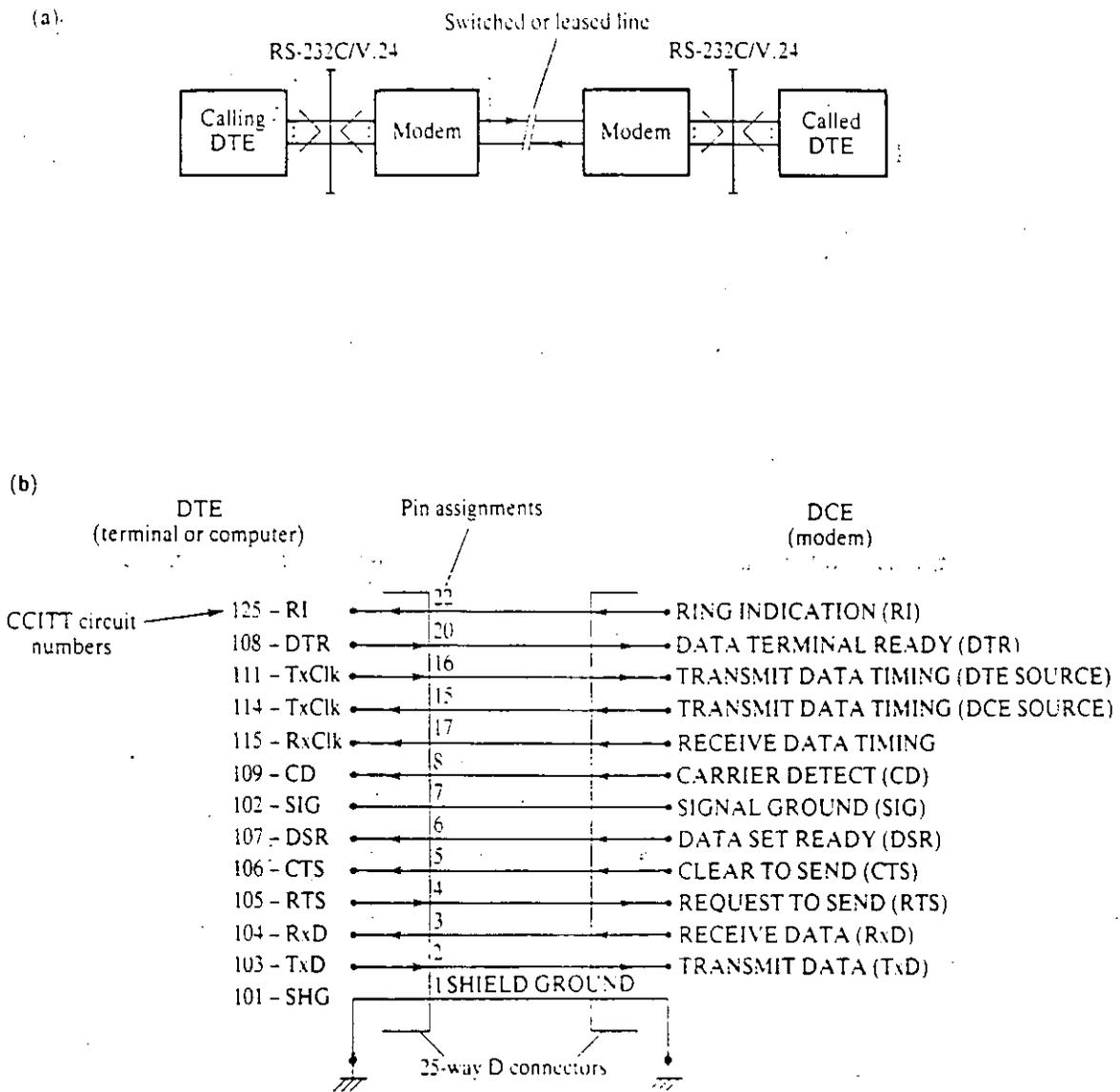


FIGURA 3.- CIRCUITO EQUIVALENTE DE LAS LINEAS EN LA EIA-232-D.

Driver output logic levels with 3K to 7K load	$15 \text{ V} >_{oh} > 5 \text{ V}$ $-5 \text{ V} >_{ol} > -15 \text{ V}$
Driver output voltage with open circuit	$ V_o < 25 \text{ V}$
Driver output impedance with power off	$R_o > 300 \text{ ohms}$
Output short circuit current	$ I_o < 0.5 \text{ A}$
Driver slew rate	$dv/dt < 30 \text{ V}/\mu\text{s}$
Receiver input impedance	$7 \text{ k}\Omega > R_{in} > 3 \text{ k}\Omega$
Receiver input voltage	$\pm 15 \text{ V}$ compatible with driver
Receiver output with open circuit input	MARK
Receiver output with +3 V input	SPACE
Receiver output with -3 V input	MARK
+15 } +5 }	LOGIC "0" = SPACE = CONTROL ON
+5 } +3 }	Noise margin
+3 } -3 }	Transition region
-3 } -5 }	Noise margin
-5 } -15 }	LOGIC "1" = MARK = CONTROL OFF

TABLA 1.- ESPECIFICACIONES ELECTRICAS DE LA EIA-232-D



**FIGURA 4.- a) POSICION DE LA INTERFASE CON RESPECTO A LOS EQUIPOS.
b) SEÑALES DE CONTROL.**

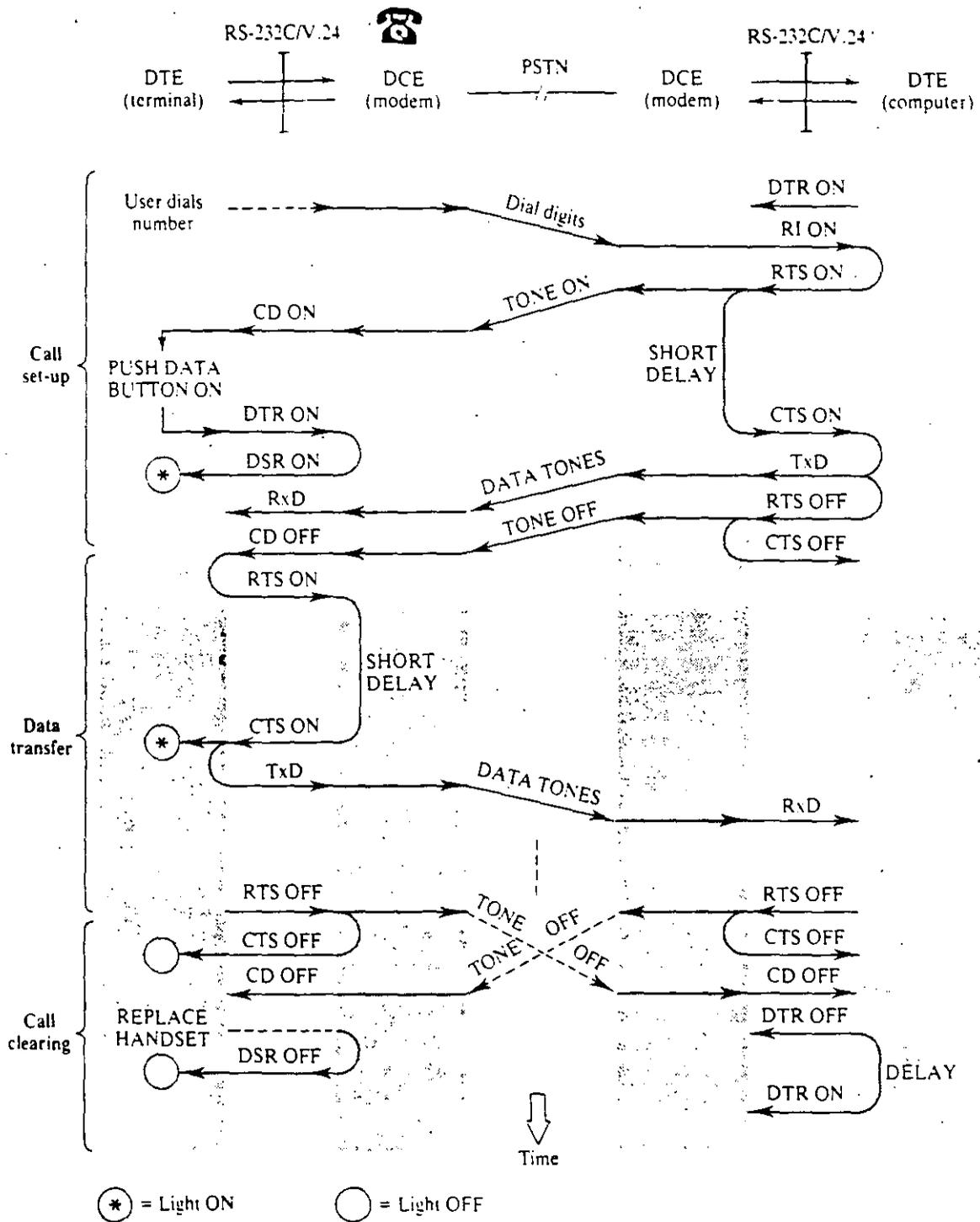


FIGURA 5.- PROCESO DE "HANDSHAKING" EN EL ESTABLECIMIENTO DE UNA COMUNICACION ASINCRONA HALF-DUPLEX.

LA INTERFASE EIA-232-D COMO YA SE MENCIONO FUE GENERADA PARA INTERCONECTAR DTE's A DCE's, SIN EMBARGO HAY OCASIONES EN QUE SE DESEA CONECTAR UN "DTE" A OTRO "DTE", O UN "DCE" A OTRO "DCE".

CUANDO ESTA SITUACION SE PRESENTA ES NECESARIO PARA EL "HANDSHAKING" INTERCAMBIAR ALGUNAS DE LAS SEÑALES DE CONTROL, YA QUE LOS NOMBRES Y FUNCIONES DE LAS SEÑALES TIENEN SENTIDO VISTAS DESDE EL "DTE" PERO INVERTEN LA FUNCION EN EL "DCE". PARA RESOLVER ESTO SE UTILIZA EL LLAMADO NULL MODEM.

EN LA FIGURA 6 SE MUESTRAN ALGUNAS CONFIGURACIONES DE ALAMBRADO QUE FUNCIONAN EN LA MAYORIA DE LOS CASOS.

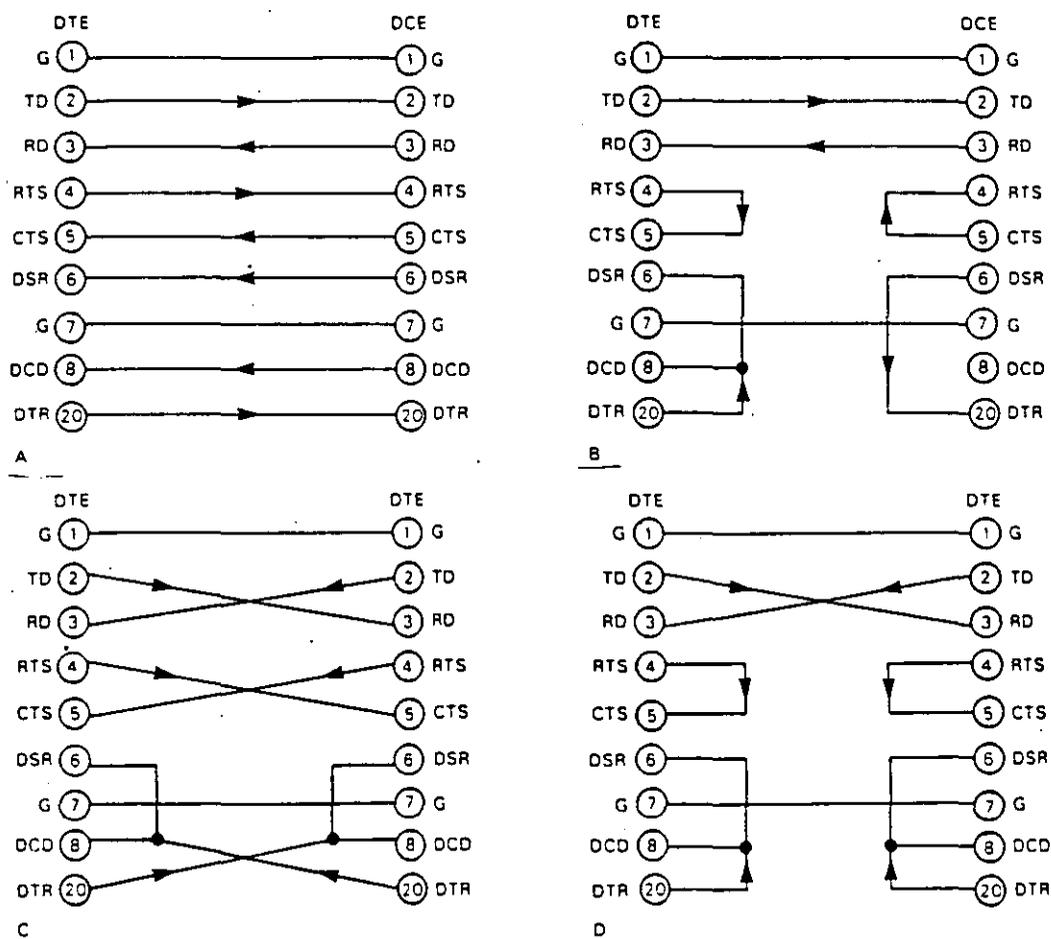


FIGURA 6.- DIVERSAS CONFIGURACIONES DE ALAMBRADO PARA LA INTERFASE "EIA-232-D".

EN LA CONFIGURACION 6a SE MUESTRA LA CONEXION PARA UN "DTE" Y UN "DCE", DONDE EN AMBOS DISPOSITIVOS SE UTILIZA EL "HANDSHAKING" (RTS/CTS Y DTR/DSR).

EN LA CONFIGURACION 6c SE MUESTRA LA CONEXION ENTRE DOS "DTE's" MEDIANTE UN NULL MODEM. LA MISMA CONFIGURACION DEL CABLE FUNCIONA PARA DOS "DCE's" SOLO QUE SE INVIERTEN LOS SENTIDOS DE LAS FLECHAS Y SE OMITE LA CONEXION EN EL PUNTO 8 (PIN 8).

EN EL CASO EN QUE UNO DE LOS EQUIPOS ESPERE LAS SEÑALES DEL "HANDSHAKING" Y EL OTRO NO LAS PROPORCIONE, ENTONCES SE DEBE HACER UNA CONFIGURACION COMO LA MOSTRADA EN LA FIGURA 6b PARA EL CASO DE "DTE" A "DCE", EN DONDE CADA UNO DE LOS EQUIPOS SE AUTO PROPORCIONA SU "HANDSHAKING".

LA FIGURA 6d MUESTRA EL USO DEL NULL MODEM PARA CONEXION "DTE" A "DTE", LA CUAL TAMBIEN TRABAJA PARA CONEXION "DCE" A "DCE" OMITIENDO LA CONEXION EN EL PIN 8.

NUEVOS PRODUCTOS PARA APLICACIONES DE LA EIA-232-D.

LOS ASPECTOS PRINCIPALES QUE SE DEBEN CONSIDERAR EN LAS APLICACIONES DONDE SE USA ESTA INTERFASE SON:

CONSUMO DE POTENCIA.

REDUCCION DE COMPONENTES PASIVOS.

ALTO NIVEL DE INTEGRACION.

VOLTAJES DE OPERACION.

EL INCREMENTO EN EL USO DE LAS LAP-TOP, EQUIPOS PORTATILES QUE UTILIZAN LA INTERFASE, DEMANDAN SEAN UTILIZADOS DISPOSITIVOS DE BAJO CONSUMO DE POTENCIA. TAMBIEN CON LA INTEGRACION DE MODEMS, PERIFERICOS, PCs. ES NECESARIO LA REDUCCION DE ESPACIO, REQUIRIENDO ELIMINAR LOS COMPONENTES PASIVOS EXTERNOS Y POR TANTO TAMBIEN ELIMINAR LAS FUENTES DE DIFERENTES VOLTAJES.

SE MENCIONAN A CONTINUACION ALGUNOS NUEVOS DISPOSITIVOS QUE CONTRIBUYEN A MEJORAR LOS ASPECTOS MENCIONADOS.

LA FIGURA 7 MUESTRA UNA COMPARACION EN EL CONSUMO DE POTENCIA ENTRE LOS DISPOSITIVOS TRADICIONALMENTE USADOS (MC1488/SN75188 Y MC1489/SN75189) Y NUEVOS DISPOSITIVOS CON TECNOLOGIA BIMOS (SN75C188, SN75C189) LOS CUALES ADEMAS TIENEN IMPLEMENTADOS LIMITADORES EN EL "SLEW-RATE" Y FILTROS DE ENTRADA, LOGRANDO ELIMINAR COMPONENTES PASIVOS EXTERNOS.

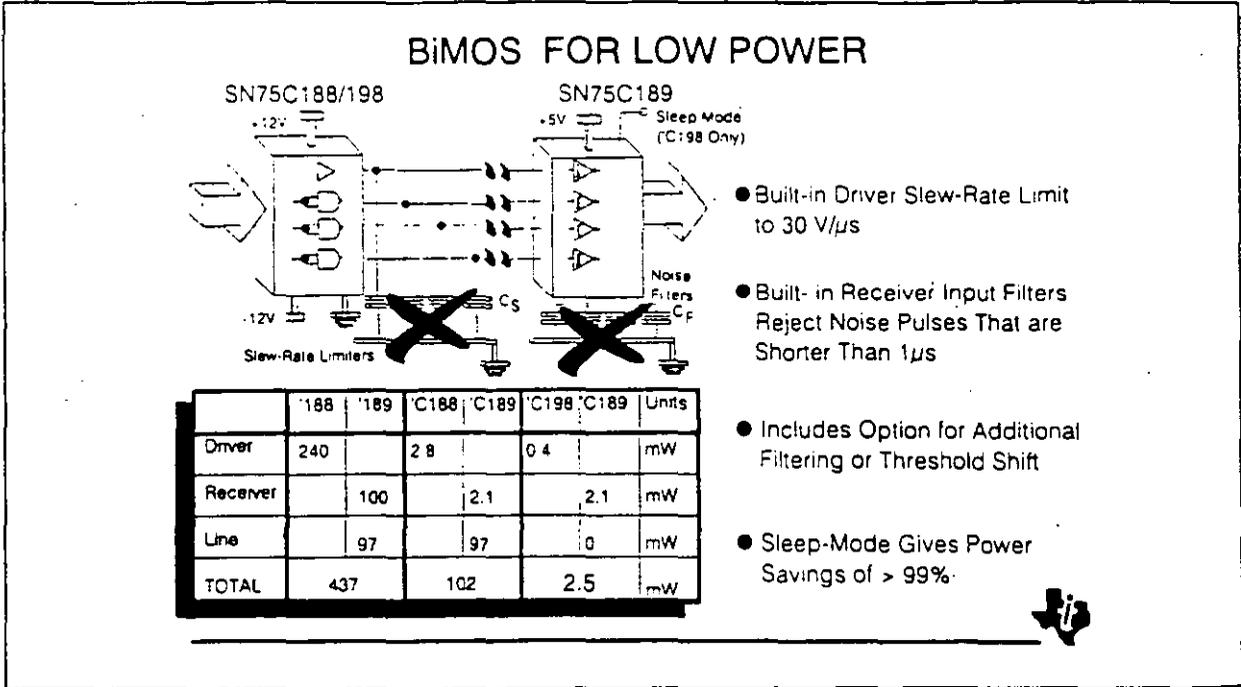


FIGURA 7.-COMPARACION ENTRE DISPOSITIVOS TRADICIONALES Y LOS DE NUEVA TECNOLOGIA.

UN RECURRENTE PROBLEMA QUE SE PRESENTA CUANDO SE UTILIZA LA INTERFASE, ES LA NECESIDAD DE LAS FUENTES DE +12V Y -12V, ADICIONALMENTE A LA DE 5V, LO QUE IMPLICA TENER TRES REGULADORES Y SUS COMPONENTES PASIVOS ASOCIADOS O BIEN IMPLEMENTAR UNA FUENTE CONMUTADA, LO QUE IMPLICA TAMBIEN EL USO DE DISPOSITIVOS PASIVOS.

ACTUALMENTE EXITEN MANEJADORES Y RECEPTORES DE LINEA QUE CONTIENEN INTERNAMENTE CONVERTIDORES (CHARGE PUMP) QUE MULTIPLICAN E INVIERTEN EL VOLTAJE DE POLARIZACION (5V) PARA LOGRAR LOS VOLTAJES NECESARIOS EN LA INTERFASE. ESTOS SON EL "LT1080/1" DE TEXAS INSTRUMENTS Y EL "MAX232" DE MAXIM INTREGRATED PRODUCTS MOSTRADOS EN LA FIGURA 8.

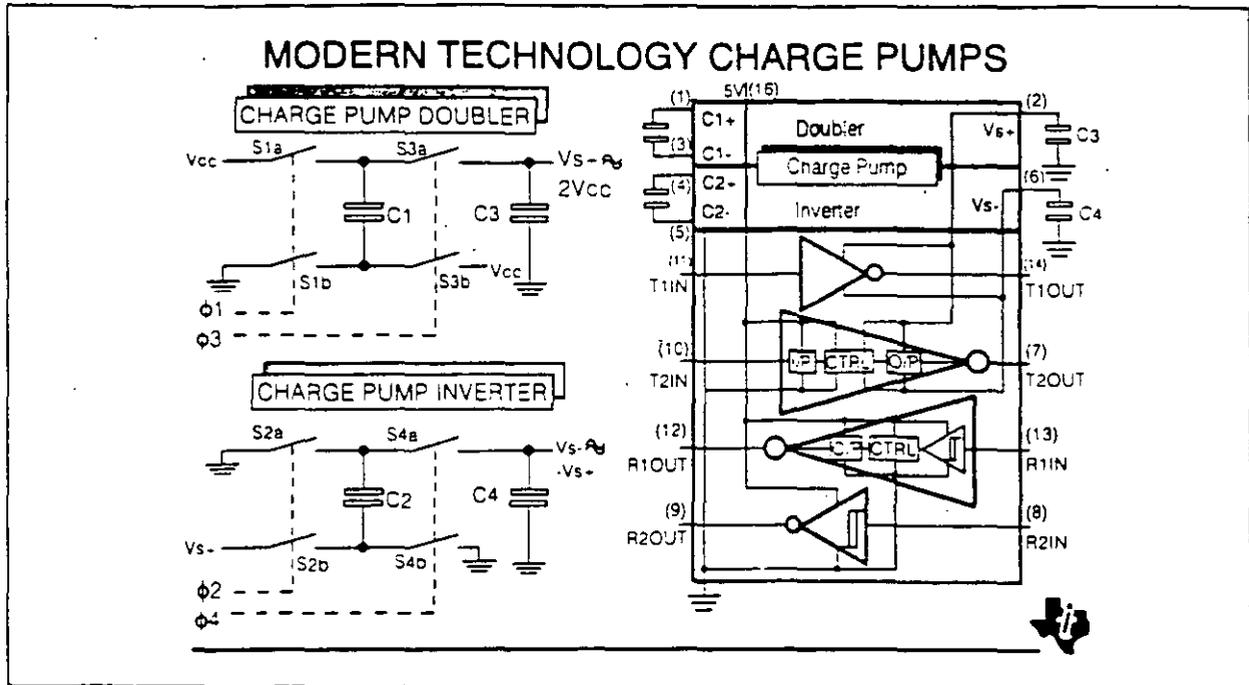


FIGURA 8.- NUEVOS DISPOSITIVOS PARA LA INTERFASE EIA-232-D CON MULTIPLICADORES E INVERSORES DE VOLTAJE INTERNOS.

INTERFASES SERIALES BALANCEADAS (DIFERENCIALES).

LA TRANSMISION DE DATOS A ALTA VELOCIDAD ENTRE "DTE's" Y "DCE's" EN DISTANCIAS GRANDES Y EN CONDICIONES DE ALTO RUIDO, SE PRESENTA SUMAMENTE DIFICIL SI NO ES QUE HASTA IMPOSIBLE CON MANEJADORES Y RECEPTORES DE TERMINACION SIMPLE. LOS ESTANDARES RECOMENDADOS POR LA "EIA" PARA INTERFASES DIGITALES BALANCEADAS PROPORCIONAN AL DISEÑADOR LA SOLUCION PARA ESOS REQUERIMIENTOS. LA RS-422/V.11 Y LA RS-485 SON INTERFASES DIGITALES BALANCEADAS DESARROLLADAS PARA INCREMENTAR LAS VENTAJAS DE LA INTERFASE DE CORRIENTE DE LAZO Y SUPERAR LAS LIMITACIONES DE LA EIA-232-D. SUS VENTAJAS SON:

VELOCIDAD DE TRANSMISION DE HASTA 10M BAUDIOS.

DISTANCIA DE TRANSMISION DE HASTA 1200 METROS.

TRANSMISION DIFERENCIAL MENOS SENSIBLE AL RUIDO.

LA INTERFASE "RS-485" ES UNA VERSION MEJORADA DE LA "RS-422", AUMENTANDO EL NUMERO DE PERIFERICOS Y TERMINALES QUE UNA COMPUTADORA PUEDE MANEJAR PARTICULARMENTE CUANDO LA DISTANCIA AUMENTA LAS VELOCIDADES DE TRANSMISION SE INCREMENTAN. ADICIONALMENTE LA "RS-485" PERMITE LA COMUNICACION MULTIPUNTO EN FORMA BIDIRECCIONAL Y PUEDE SER UTILIZADA CON EFECTIVIDAD PARA APLICACIONES DE "MINI-LAN" (PEQUEÑAS REDES DE AREA LOCAL) COMO SERIA LA TRANSMISION ENTRE UNA COMPUTADORA CENTRAL Y ESTACIONES INTELIGENTES REMOTAS.

LA FIGURA 9 MUESTRA LAS DIFERENCIAS ENTRE ESTAS DOS INTERFASES.

LA "RS-422 PERMITE SOLAMENTE COMUNICACION EN UN SOLO SENTIDO (MODO SIMPLEX) Y UTILIZA UN PAR TRENZADO DIFERENCIAL. CADA MANEJADOR SOPORTA HASTA 10 RECEPTORES, EN TANTO QUE LA RS-485 PERMITE HASTA 32 RECEPTORES.

LA IMPEDANCIA CARACTERISTICA DEL PAR TRENZADO ES FUNCION DE LA FRECUENCIA Y TIPO DE CABLE. LAS IMPEDANCIAS TIPICAS ESTAN EN EL RANGO DE 100X A 120X. UNA RESISTENCIA DE TERMINACION DE VALOR IGUAL AL DE LA IMPEDANCIA CARACTERISTICA DEL CABLE DEBERA SER CONECTADA EN LOS EXTREMOS DEL CABLE.

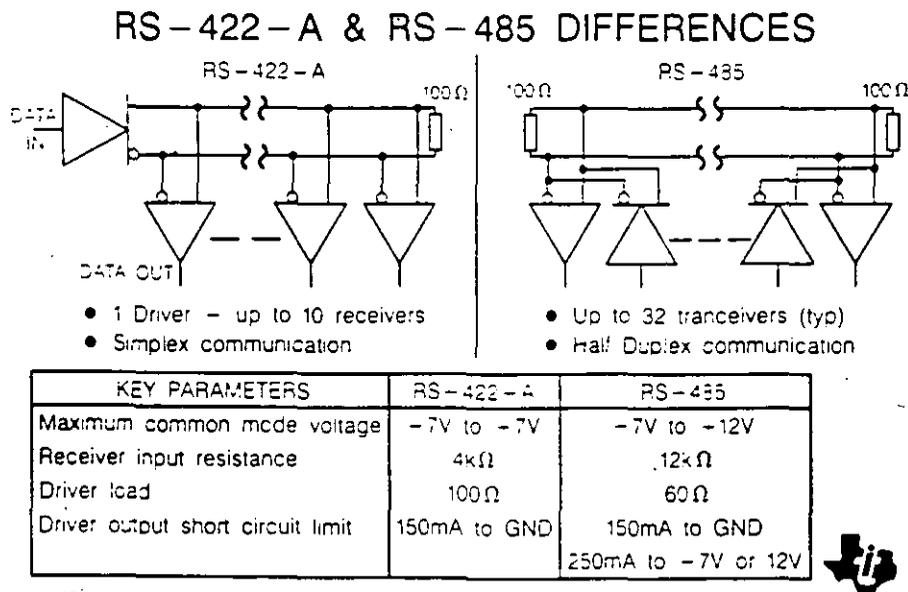


FIGURA 9.- DIFERENCIAS ENTRE LAS INTERFASES "RS-422" Y "RS-485".

	RS-232C/D	RS-423A	RS-422A	RS-485
Mode	single-ended	single-ended	differential	differential
Maximum number drivers	1	1	1	32
Maximum number receivers	1	10	10	32
Maximum cable length	15m	1200m	1200m	1200m
Maximum data rate (bits/s)	20k	100k	10M	10M
Transmit levels	±5V min ±15V max	±3.6V min ±6.0V max	±2V min (diff'l)	±1.5V min
Receive sensitivity	±3V	±0.2V	±0.2V	±0.2V
Load impedance	3k to 7k	450Ω min	100Ω min	60Ω min
Output current limit	500mA to V _{cc} or gnd	150mA to gnd	150mA to gnd	150mA to gnd 250mA to -8V or +12V
Driver Z _{out} , min (pwr off)	300Ω	60k	60k	120k

FIGURA 10.- CARACTERISTICAS DE LAS INTERFASES SERIALES.

INTERFASES DE COMUNICACION EN PARALELO.

PARA LA COMUNICACION A GRAN VELOCIDAD ENTRE PERIFERICOS SE UTILIZA LA INTERFASE EN PARALELO, ENTRE LAS QUE SE ENCUENTRAN LA CENTRONICS, GPIB-488 (GENERAL PURPOSE INTERFASE BUS) Y LA SCSI (SMALL COMPUTER SYSTEMS INTERFACE).

LA INTERFASE CENTRONICS.

ES UNIDIRECCIONAL Y ES AMPLIAMENTE UTILIZADA PARA CONECTAR DIVERSOS PERIFERICOS COMO IMPRESORAS, GRAFICADORAS, ETC.. EN LA FIGURA 11 SE MUESTRAN LAS SEÑALES Y SU LOCALIZACION EN EL CONECTOR.

Name	Pin number		Direction	Description
	sig	com		
STROBE'	1	19	OUT	data strobe
D0	2	20	OUT	data LSB
D1	3	21	OUT	.
D2	4	22	OUT	.
D3	5	23	OUT	.
D4	6	24	OUT	.
D5	7	25	OUT	.
D6	8	26	OUT	.
D7	9	27	OUT	data MSB
ACKNLG'	10	28	IN	finished with last char: pulse
BUSY	11	29	IN	not ready (note 1)
PE'	12	30	IN	HIGH = no paper
SLCT	13	-	IN	pulled HIGH
AUTO FEED XT'	14	-	OUT	auto LF
INIT'	31	16	OUT	initialize printer
ERROR'	32	-	IN	can't print (note 2)
SLCT IN'	36	-	OUT	deselect protocol (note 3)
GND	-	33	-	additional ground
CHASSIS GND	17	-	-	chassis ground

note 1: BUSY = HIGH

- i) during each char transfer*
- ii) if buffer full*
- iii) if off-line*
- iv) if error state*

note 2: ERROR' = LOW

- i) if out-of-paper*
- ii) if off-line*
- iii) if error state*

note 3: normally LOW

- i) sending DC3 when SLCT IN' = HIGH deselects printer*
- ii) can only re-select by sending DC1 when SLCT IN' = HIGH*

FIGURA 11.- SEÑALES DE LA INTERFASE "CENTRONICS" Y SU LOCALIZACION EN EL CONECTOR.

INTERFASE GPIB.

LA INTERFASE "IEEE-488" O "GPIB" FUE ELABORADA PARA FACILITAR EL DISEÑO, ENSAMBLE Y USO DE EQUIPOS DE INSTRUMENTACION. ESTA FUE ORIGINALMENTE DESARROLLADA POR LA COMPAÑIA HEWLETT-PACKARD EN LOS AÑOS 60'S LLAMADA HPIB (HEWLETT PACKARD INTERFASE BUS). ESTA INTERFASE PERMITE CONECTAR HASTA 15 INSTRUMENTOS SOBRE UN BUS DE MAX. 20 m. Y PERMITE LA TRANSFERENCIA DE DATOS A VELOCIDADES DE HASTA 1MBYTE/S; INCLUYE COMANDOS DE SOFTWARE PARA DECLARAR A CUALQUIERA DE LOS INSTRUMENTOS SOBRE EL BUS COMO TRANSMISOR (TALKER) O RECEPTOR (LISTENER) DE DATOS MEDIANTE UN CONTROLADOR QUE LE DICE A CADA UNO QUE HACER.

LA "GPIB" UTILIZA UNA ESTRUCTURA DE BUS COMPARTIDO, CUENTA CON 16 LINEAS QUE PROVEEN LAS CAPACIDADES FUNCIONALES NECESARIAS PARA MANTENER Y ORDENAR EL FLUJO DE INFORMACION, 8 SON LINEAS DE DATOS BIDIRECCIONALES, OTRAS 8 SON LINEAS DE CONTROL QUE ESTABLECEN EL "HANDSHAKING". EN LA FIGURA 12 SE MUESTRA LA ESTRUCTURA DE LA INTERFASE Y LAS SEÑALES QUE MANEJA.

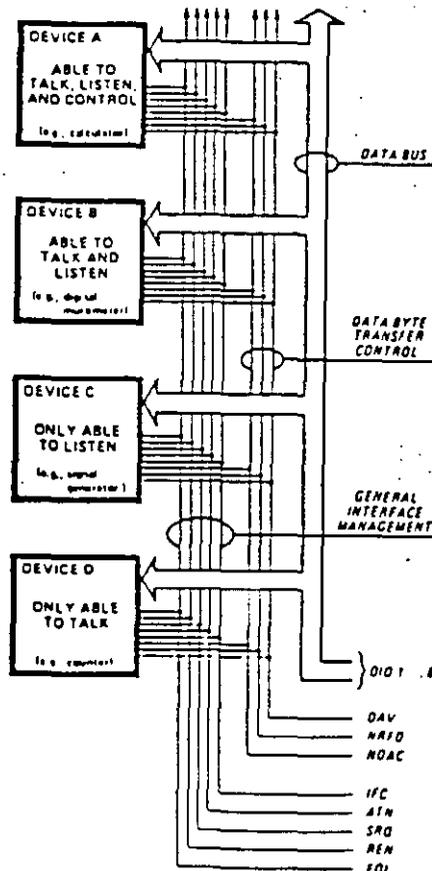


FIGURA 12. ESTRUCTURA DE LA INTERFASE "GPIB" Y SU SEÑALIZACION

ASPECTOS GENERALES.

ESFERA DE ACCION: SE APLICA EN LA INTRCONEXION DE APARATOS DE INSTRUMENTACION PROGRAMABLES Y NO PROGRAMABLES EN LOS CUALES SE TIENE:

- a).-INTERCAMBIO DE DATOS DIGITALES
- b).-EL NUMERO DE INSTRUMENTOS INTERCONECTADOS NO MAYOR DE 15.
- c).-LA DISTANCIA TOTAL EN LA TRANSMISION NO ES MAYOR DE 20 m.
- d).-LA VELOCIDAD DE TRANSMISION EN CUALQUIERA DE LAS LINEAS DE SEÑAL NO ES MAYOR DE 1MB/S.

OBJETIVOS.

- a).-DEFINIR UN SISTEMA DE PROPOSITO GENERAL PARA APLICACIONES EN DISTANCIAS LIMITADAS.
- b).-ESPECIFICAR LOS REQUERIMIENTOS MECANICOS, ELECTRICOS Y FUNCIONALES QUE DEBE REUNIR EL EQUIPO PARA INTERCOMUNICARSE SIN AMBIGUEDADES VIA EL SISTEMA.
- c).-ESPECIFICAR LA TERMINOLOGIA Y DEFINICIONES RELACIONADAS CON EL SISTEMA.
- d).-HABILITAR LA INTERCONEXION DE INSTRUMENTOS DE DIFERENTE MANUFACTURA DENTRO DEL SISTEMA.
- e).-PERMITIR LA INTERCONEXION DE APARATOS SIMPLES Y COMPLEJOS.
- f).-PERMITIR LA COMUNICACION DIRECTA ENTRE LOS INSTRUMENTOS SIN QUE TODOS LOS MENSAJES SEAN RUTEADOS HACIA EL CONTROL O UNIDAD INTERMEDIA.
- g).-DEFINIR EL SISTEMA CON EL MINIMO DE RESTRICCIONES EN EL DESEMPEÑO DE LAS CARACTERISTICAS DE CADA APARATO CONECTADO AL SISTEMA.
- h).-DEFINIR UN SISTEMA QUE PERMITA COMUNICACION ASINCRONA SOBRE UN AMPLIO MARGEN DE VELOCIDADES.
- i).-DEFINIR UN SISTEMA QUE POR SI SOLO SEA RELATIVAMENTE DE BAJO COSTO Y PERMITA LA INTERCONEXION DE EQUIPOS BARATOS.
- j).-DEFINIR UN SISTEMA QUE SEA FACIL DE USARSE.

ESPECIFICACIONES ELECTRICAS.

LAS ESPECIFICACIONES ELECTRICAS DE LAS SEÑALES DE ESTA INTERFASE CUMPLEN CON LAS EMLEADAS EN LA TECNOLOGIA TTL.

LA INTERFASE "GPIB" UTILIZA UN CONECTOR DE 24 VIAS TIPO CHAMP (AMP) O MICRORIBBON (AMPHENOL O CINCH SERIE 57). LA ASIGNACION DE CONTACTOS PARA CADA SEÑAL Y EL TIPO DE CONECTOR SE MUESTRA EN LA FIGURA 13.

Contact	Signal Line	Contact	Signal Line
1	DIO 1'	13	DIO 5
2	DIO 2	14	DIO 6
3	DIO 3	15	DIO 7
4	DIO 4	16	DIO 8
5	EOI (24)	17	REN (24)
6	DAV	18	Gnd. (6)
7	NRFD	19	Gnd. (7)
8	NDAC	20	Gnd. (8)
9	IFC	21	Gnd. (9)
10	SRQ	22	Gnd. (10)
11	ATN	23	Gnd. (11)
12	SHIELD	24	Gnd. LOGIC

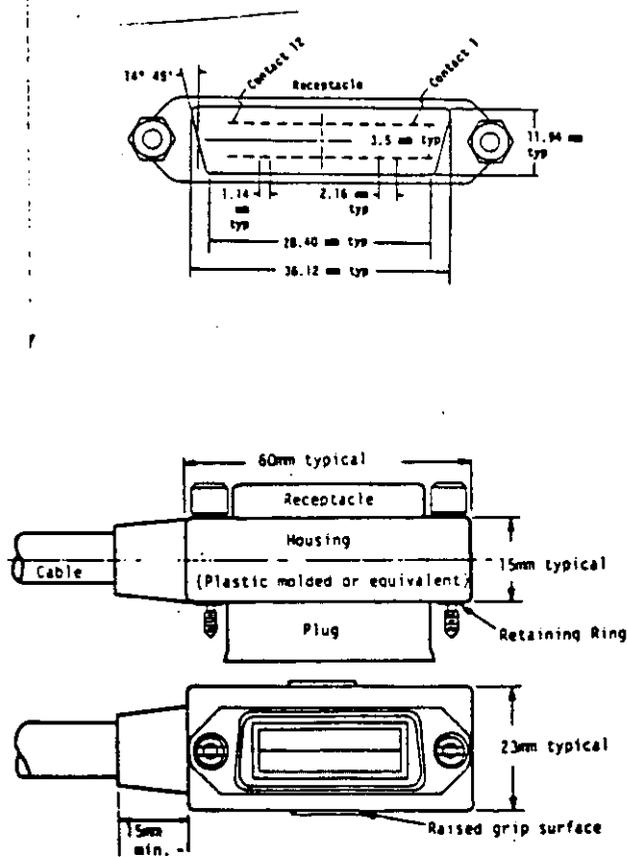


FIGURA 13.- ASIGNACION DE POSICIONES EN EL CONECTOR DE LA INTERFASE "GPIB" Y TIPO DE CONECTOR EMPLEADO.

Interfase de comunicación para computadoras pequeñas, SCSI (SMALL COMPUTER SYSTEMS INTERFACE).

Esta interfase se utiliza para interconectar las computadoras personales con sus diferentes periféricos, como son las unidades de disco, scanners, cintas, impresoras laser, etc., los cuales pueden ser interconectados todos juntos via un bus comun.

En la figura 1 se muestra la forma como se utiliza esta interfase.

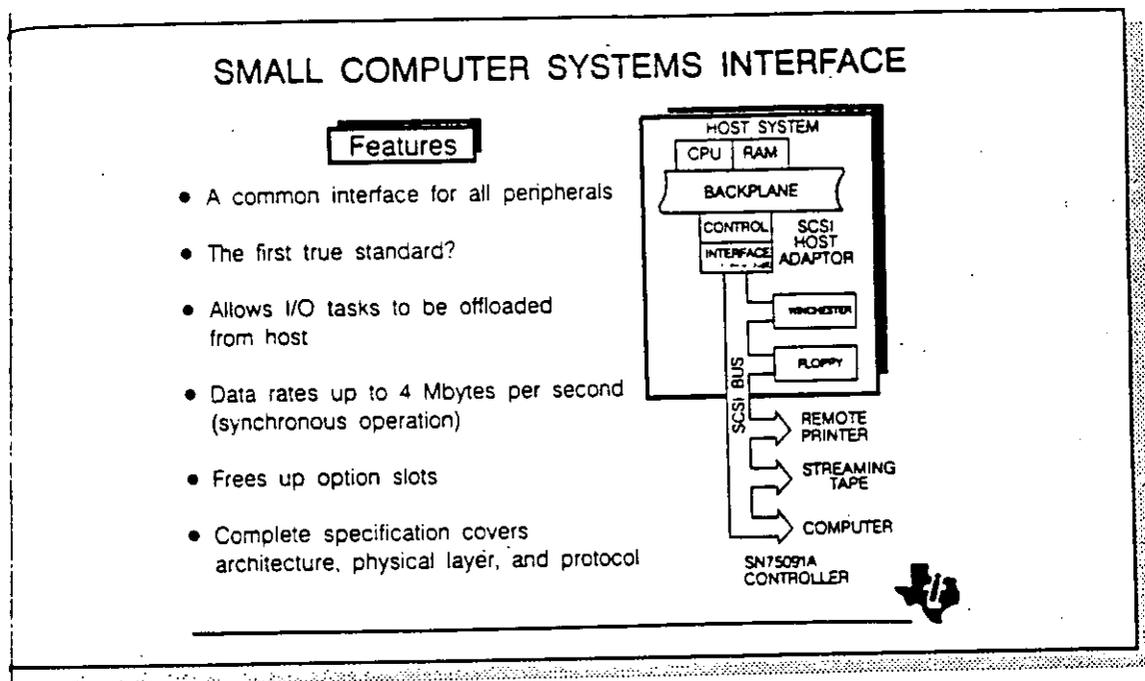


Figura 1.- Interfase SCSI.

El estandar SCSI incluye los aspectos mecánicos, eléctricos, y el conjunto de comandos de control para los dispositivos inteligentes, particularmente los que incluyen almacenamiento de información.

El empleo de una interfase inteligente como esta, la permite a la unidad central de procesamiento concentrarse en actividades de cómputo mientras que el controlador del periférico se encarga de todo el intercambio de señales de control y datos.

Ventajas de la interfase SCSI.

Esta interfase le brinda ventajas tanto al usuario del equipo como a los fabricantes de equipos: para los primeros se trata de ventajas tales como un mayor desempeño en los equipos, mientras

que para los segundos, los libera de diseñar interfaces dedicadas para cada equipo.

SCSI soporta comunicación entera multiples computadoras y perifericos, por lo que se trata de una interfase completamente inteligente. Soporta hasta ocho perifericos incluyendo el que actua como maestro y cada periferico soporta a su vez hasta ocho unidades logicas, las cuales pueden a su vez manejar hasta 256 subunidades lógicas, lo que hace un total de 14,000 unidades que se pueden soportar, lo cual suena inusual hasta el momento.

La interfase se puede configurar para operar en modo sincrónico o asincrónico y en forma diferencial o de terminación simple. En forma asincrónica y terminación simple puede operar a una velocidad de 1.5 Mbytes/seg. en distancias no mayores de 6 metros, mientras que en forma sincrónica y en modo diferencial a 4 Mbytes/seg. en longitudes de hasta 25 metros.

Controlador de la interfase SCSI.

La compañía Texas Instruments cuenta actualmente con un controlador que se ajusta a la norma ANSI X3T9.2 y proporciona grandes ventas, esta es el SN75C091A, ver figura 2.

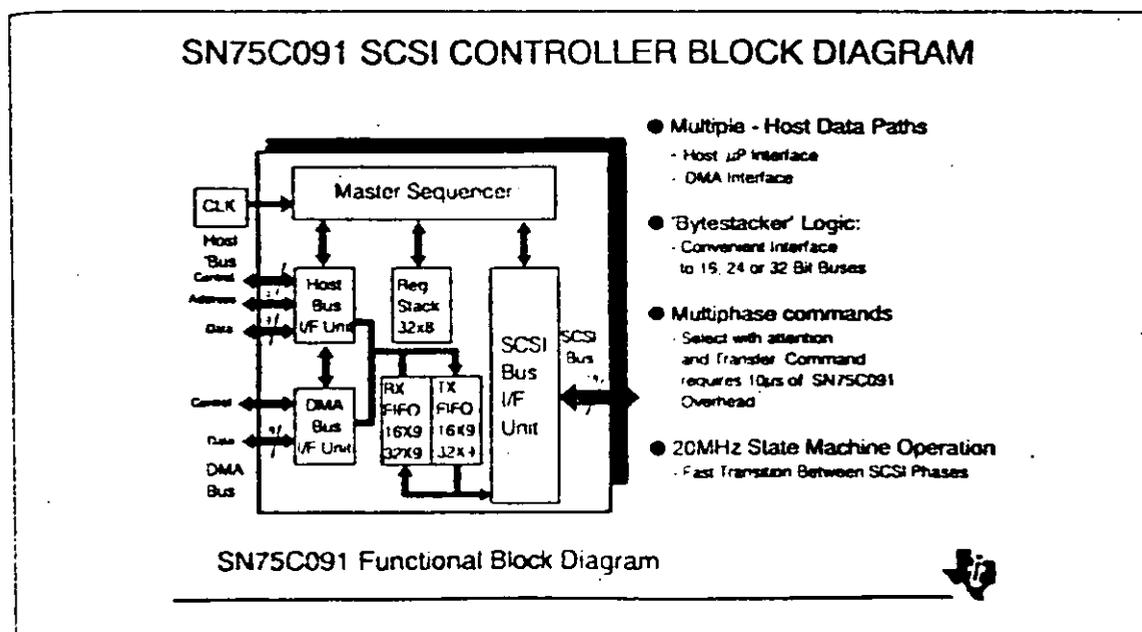


Figura 2.- Controlador para la interfase SCSI.

Las ventajas mas importantes que este controlador incluye son:

*** Comandos de multifase.**

Esto implica que cada comando ejecuta una serie de fases o etapas, que reducen las interrupciones, lo que minimiza la intervención del microprocesador aumentando su accesos.

*** Almacenador de bytes.**

Este proporciona una forma eficiente de convertir palabras de hasta 32 bits en palabras de 8 bits y viceversa, que son las requeridas por la interfase SCSI

*** Multiple-host data paths.**

Esto es que se tienen mallas multiples para el acceso directo a memoria (DMA) y la interfase al microprocesador permitiendo a éste ultimo interrogar al controlador SCSI durante la ejecución de un comando sin que se interrumpa la transferencia de datos.

El SN750091A permite la posibilidad de controlar varias operaciones que normalmente requieren atención individual por parte del μP , liberando al μP de ésta tarea

En la tabla 1 se listan las ventajas y los beneficios que se tienen con este controlador.

Enhanced Features	Benefits
* Multi-phase Commands	Minimizes μP intervention and increase throughput.
* Byte Stacker	Provides flexible interface capabilities to 16-, 24- or 32-bit busses.
* Multiple Host Data Paths	Allows for interrogation of the SCSI controller without disrupting data transfer.
* 20-MHz State Machine Operation	Permits fast transition time between SCSI phases providing a dramatic increase in performance.
* Separate 32-byte Receive and Transmit FIFO's	Provides a data path buffer freeing μP to perform other tasks.
* Automatic Handling of Save Data Pointer Messages	Relieves μP from the need to perform interim data pointer updates

Tabla 1.- Ventajas y Beneficios del controlador SN750091A.

Como se mencionó antes SCSI en modo diferencial se utiliza para manejar distancias grandes o cuando hay mucho problema de ruido de interferencia, dado que el controlador SN750091 solo tiene capacidad de manejar señales en terminación simple, TEXAS INSTRUMENTS introdujo un convertidor para pasar del modo simple al modo diferencial, éste es el SN75ALS176, y el cual se ilustra en la figura 3

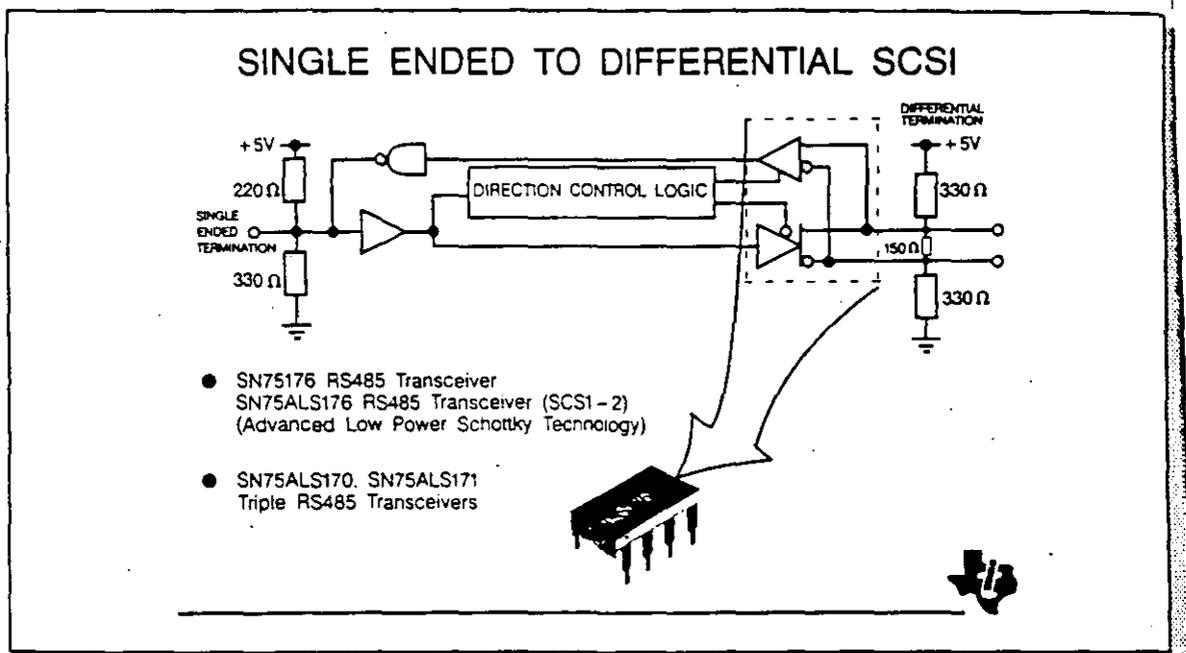


Figura 3.- Conversión de modo simple a modo diferencial para la interfase SCSI.

Existe una serie de consideraciones que deben tomarse en cuenta cuando se define una interfase de alto desempeño como lo es la interfase SCSI, estas van desde características eléctricas repetitivas y de tiempos.

Uno de los parámetros más importante es el llamado "límite de desviación", skew limit t_{sk} (LTD) el cual representa el gran límite que una señal puede adelantarse o atrasarse con respecto

esa misma señal pero en otro canal, sin importar la malla eléctrica involucrada. Mientras menor sea este tiempo, más rápido trabajará el Bus

Los circuitos SN75ALS170 y SN75ALS171 tienen un t_{sk} de 10 ns., existiendo el SN7ALS176 con tiempos de hasta 5 ns.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

SEÑALES CIRCUITOS Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES

ENCRIPCION DE DATOS

M EN I. ARTURO GOMEZ HERMOSILLO

1 9 9 4

TEMA: ENCRIPCION DE DATOS

M. en I. Arturo Gómez Hermosillo

Actualmente las redes de comunicacion de datos se convierten en un paso inevitable en el accionar de las instituciones, abarcando practicamente la totalidad de las actividades del ser humano. Esto en el futuro inmediato se vera reforzado por el advenimiento de las Redes de Datos de Servicios Integrados.

Si consideramos que las redes de comunicacion de datos hacen uso de todos los medios de comunicacion disponibles, desde la red telefonica conmutada hasta los satelites, y que en algunos casos abarcan distancias considerables pasando por mas de un medio de comunicacion, es posible concluir que estas comunicaciones por red digital quedan expuestas en muchos casos a un acceso irrestricto, como seria el caso de radiomodem o enlaces satelitales, en los cuales se esta practicamente "al aire".

Esto a generado desde la decada de los 70's una creciente inquietud por la confidencialidad de las comunicaciones cuya informacion tiene un valor intrinseco, situacion que se ve agravada por la apertura al acceso de bancos de informacion asi como al procesamiento distribuido.

Inicialmente se establecieron claves de acceso a los sistemas automatizados, con el objeto de al menos evitar accesos no autorizados, sin embargo estas claves de usuario resultan generalmente una proteccion relativa ya que el conocimiento de los campos que contienen y un poco de paciencia redundan normalmente en la obtencion de estas. El siguiente paso fue el considerar sistemas formales de proteccion de informacion, para lo cual se recurre a la encripcion.

Esta ciencia cuyo desarrollo formal ocurre durante la segunda guerra mundial, ofrece resultados que son aplicables a mensajes escritos, por lo que existia un hueco en la aplicacion a la encripcion de datos, esto es el desarrollo de algoritmos que permitieran automatizar el proceso de encripcion de datos. En 1977 es aprobado por la National Bureau of Standards el algoritmo DES (Data Encryption Standard), para informacion no clasificada para uso comercial. Al inicio de los 80's se tienen los primeros procesadores comerciales dedicados, que permiten efectuar la encripcion de datos en linea (en tiempo real).

CRIPTOGRAFIA

La criptografia es la ciencia que estudia la escritura secreta, un cifrado es un metodo secreto a traves del cual un texto limpio es transformado en un texto cifrado llamado criptograma. El proceso de transformar un texto limpio en un texto cifrado es llamado encripcion, y el proceso inverso es llamado decripcion. Estos procesos estan controlados por codigos de seguridad

conocidos como llaves de encriptacion y de decriptacion respectivamente.

ENCRIPCION DE DATOS

Existen dos tipos basicos de encriptores, por Transposicion y por Substitucion, en general los algoritmos de encriptacion utilizan una combinacion de transposicion con substitucion, el algoritmo DES por ejemplo encripta bloques de 64 bits usando una combinacion de transposicion con substitucion.

Encriptacion por Substitucion.- En este caso se hace un reemplazo a nivel de bit, caracteres o bloques por substitutos. Un tipo simple de encriptacion por substitucion lo constituye el substituir cada letra del alfabeto por la correspondiente K posiciones adelante, K es en este caso la llave de la encriptacion, un ejemplo para K=4 se muestra a continuacion.

MONTAR - QSRYEY

Un "codigo" es un tipo especial de cifrado por substitucion, el cual hace uso de un "libro de codigos" como llave. En el libro de codigo aparecen las palabras o frases acompañadas del substituto a continuacion se muestra un ejemplo de este metodo.

hola - 243
por - 715
como - 123
lo que - 544

Texto limpio: por lo que

Texto encriptado: 715544

Encriptacion por Transposicion.- En esta forma se realiza un reareglo de los bits o caracteres en el texto limpio. Un ejemplo sencillo es un reareglo por "diente de sierra" tal como se ilustra en el ejemplo.

Texto limpio: ver llover

Reareglo: v l r
e l o e
r v

Texto Encriptado: vlreloerv

En este caso la amplitud del diente de sierra es la llave de encriptacion (3).

Criptanalisis.- Es la ciencia que estudia los metodos de romper cifrados. Se dice que un cifrado se ha roto si es posible determinar el texto limpio o la llave a partir del texto encriptado. Existen tres metodos basicos de ataque: Por fuerza bruta, por ataque exclusivo, con conocimiento del texto limpio.

conocimiento de algun texto limpio y su correspondiente texto encriptado.

SEGURIDAD DE DATOS

Los sistemas modernos de encriptacion tienen dos objetivos basicos, que son asegurar la confidencialidad, esto es evitar que la informacion sea conocida por alguien mas que el destinatario, y la autenticidad o integridad, que se refiere a evitar la modificacion no autorizada de bancos de informacion.

SISTEMA DE ENCRIPCION

Un sistema de encriptacion esta constituido por las siguientes componentes:

- Un espacio de mensajes limpios M .
- Un espacio de mensajes encriptados C .
- Un espacio de llaves K .
- Una familia de transformaciones de encriptacion $E_k: M \rightarrow C$
- Una familia de Transformaciones de decriptacion $D_k: C \rightarrow M$

En donde E_k y D_k pertenecen al espacio de llaves K .

Esto se refiere a contar con algoritmos de encriptacion y de decriptacion que operen con llaves que puedan ser escogidas de un conjunto de llaves usualmente muy grande.

Un sistema de encriptacion ademas de la viabilidad de su uso, debera garantizar que la seguridad del sistema depende exclusivamente del secreto de las llaves y no en el secreto de los algoritmos de encriptacion y de decriptacion. Formalmente existen dos requerimientos para los sistemas de encriptacion:

Requerimientos de Confidencialidad

Debe resultar computacionalmente improbable para un criptoanalista, determinar sistematicamente la llave de decriptacion a partir de un texto cifrado, aun cuando el correspondiente texto limpio sea conocido.

Debe resultar computacionalmente improbable para un criptoanalista el determinar el texto limpio a partir un texto encriptado interceptado.

Requerimientos de Autenticidad

Debe resultar computacionalmente improbable para un criptoanalista el determinar sistematicamente la transformacion de encriptacion E_k dado C , aun cuando el espacio de texto limpio M sea conocido.

Debe resultar computacionalmente improbable para un criptoanalista el poder generar sistematicamente texto encriptado que resulte valido al aplicarle la transformacion de decriptacion.

Actualmente existen numerosos sistemas de encriptación, los cuales cubren una gran variedad de aplicaciones y de los cuales cabe destacar:

Sistemas de Llave-Pública

Estos sistemas están basados en el concepto de dos llaves, cada usuario posee dos llaves: Una pública (conocida por todos los usuarios), y una privada conocida únicamente por él. En un sistema de este tipo dos usuarios pueden establecer comunicaciones confidenciales (sin que otro usuario pueda "escuchar"), conociendo exclusivamente sus correspondientes llaves públicas.

Firma Digital

La firma digital es una propiedad privada de un usuario o proceso que es utilizada para validar mensajes enviados por este. Si un usuario B recibe un mensaje M firmado por A, la firma de A debe cumplir con los siguientes requisitos:

B debe ser capaz de validar la firma de A en el mensaje M

Debe resultar imposible para otro usuario, incluido B, falsificar la firma de A.

En el caso de que A desapruuebe el Mensaje firmado, debe ser posible para un juez o tercera parte resolver la disputa que se origina entre A y B.

La firma digital, establece la autenticidad del que envía. Por la segunda condición también establece la autenticidad del mensaje.

ALGORITMOS DE ENCRIPCION

En la actualidad se han desarrollado un gran número de algoritmos de encriptación, que van desde lo más simple (transposición o sustitución), pasando por los del tipo producto (transposición combinada con sustitución), hasta los más sofisticados entre los que podemos citar los cifradores exponenciales y los de Knapsak. Lo cual deja en una posición difícil al usuario de los sistemas de encriptación, al momento de decidir cuál resulta el más adecuado a sus necesidades.

Dado que no existe regla que permita determinar que sistema es el más adecuado, lo que se recomienda es auxiliarse con la Teoría de la Complejidad, esta provee los fundamentos para analizar los requerimientos computacionales de las técnicas de criptoanálisis, así como el estudio de la dificultad inherente para romper un cifrado. Afortunadamente los algoritmos (al menos los conocidos), ya han sido analizados y clasificados de acuerdo a su complejidad.

Complejidad del Algoritmo

La robustez de un algoritmo de cifrado queda determinada por la complejidad computacional de los algoritmos usados para resolver el cifrado. La complejidad computacional de un algoritmo es medida por sus requerimientos de tiempo (T) y espacio (s), o en terminos mas convencionales, dado un sistema de procesamiento cuanto tiempo llevaria romper el codigo, o bien, que sistema se requiere para romper el codigo en un tiempo dado.

Planteado de esta manera es posible evaluar que sistema de encripcion resulta adecuado, haciendo un balance entre el provecho que representa el romper el codigo que se utiliza y el costo de romperlo. Una relacion de uno a diez podria utilizarse como regla general de desicion.

MODOS DE ENCRIPCION

Existen varios modos de operacion que cumplen con las normas establecidas para la encripcion de datos, y cuyo uso esta mas o menos generalizado. Cada uno de estos modos de operacion ofrece ciertas ventajas o desventajas dependiendo de su aplicacion:

El modo basico de operacion llamado "LIBRO DE CODIGO ELECTRONICO" (ECB), por su analogia con los libros de codigo que se utilizaban anteriormente, opera sobre bloques de texto limpio, que transforma en bloques de texto encriptado. El mismo bloque de texto limpio siempre produce el mismo bloque de texto encriptado.

Con el fin de eliminar este inconveniente, un arreglo con realimentacion puede ser incluido para crear otro modo de operacion, denominado "ENCADENAMIENTO DE BLOQUES CIFRADOS (CBC)". En este modo el bloque de texto limpio es sumado (XOR), con el resultado del cifrado que le precedio, antes de entregarlo al procesador de cifrado.

Los modos de encripcion en serie son por lo general mas apropiados para la proteccion en transmision de datos. En los modos de encripcion en serie el procesador de cifrado es usado como un generador de ruido, cuya salida es combinada con los datos limpios (para la encripcion), o con con el dato encriptado (para la decripcion). Un modo importante de encripcion en serie es el denominado "REALIMENTACION DE TEXTO ENCRIPTADO" (CFB).



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

SEÑALES CIRCUITOS Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES

COMUNICACIONES DE DATOS

ING. MARIO PEÑA

1 9 9 4

COMUNICACIONES-DE-DATOS :

Mario Peña

Introduccion .-

En las siguientes líneas se intenta dar una explicación breve y a manera general de como es posible establecer las comunicaciones de datos vía los puertos de computadoras PC/compatibles. Una computadora PC es diseñada para manejar normalmente al menos un puerto serie y un puerto paralelo , existen múltiples tarjetas en hardware y software de apoyo para hacer de una microcomputadora un dispositivo de comunicaciones de datos muy completo y flexible .

Además de todas las actividades que una computadora realiza como lo son : leer y escribir datos de dispositivos como convertidores A/D y D/A , switches analógicos , video displays , tableros etc. , las computadoras necesitan comunicarse con : impresoras, otras computadoras , terminales , etc. a través de medios de comunicación adecuados para la transferencia de datos , éste tipo de comunicación es denominada COMUNICACION DE DATOS , ya que bloques de datos digitales son transferidos entre puntos fuente y puntos destino .

El flujo de datos preferentemente debe ser sincronizado , lo que se logra bajo el control de técnicas de 'handshaking ' que utilizan básicamente líneas de 'hardware dedicado ' o secuencias de caracteres de control especiales . Un ejemplo simple de comunicación de datos que involucre ' handshaking ' es una impresora que pueda imprimir caracteres a una cierta velocidad y que reciba los datos a una velocidad más rápida , la impresora contiene un buffer que cuando está próximo a llenarse manda una señal a la fuente de datos indicándole que no puede aceptar más datos por un momento , hasta que el buffer vuelva a tener la capacidad de almacenamiento requerido para un funcionamiento práctico y confiable . Otro ejemplo puede ser la comunicación entre dos computadoras , cada una de las cuales tienen muchas funciones que realizar como el atender al teclado , escribir datos en un disco , desplegar información en un monitor , etc. , datos entre las computadoras pueden ser transferidos de tiempo en tiempo a velocidades muy rápidas y en otro tiempo alguna de ellas puede estar ocupada , por lo que debe de haber una comunicación entre ellas para el control del flujo de la información en ambos sentidos .

Las tres maneras mas populares de transferir datos digitales entre dispositivos son :

La Interfase Centronics (para impresora)

La interfase serial RS-232

El bus de interfase IEEE - 488 (GPIB) general purpose interface bus.

La interfase Centronics , es utilizada para la interfase en paralelo con la impresora en una computadora del tipo PC/IBM compatible y es básicamente unidireccional , el flujo de datos es únicamente de la computadora hacia la impresora , interfases como esta pueden mandar o aceptar o líneas de bits en paralelo a niveles TTL , debido a su simplicidad , la interfase Centronics es el camino mas facil para conectarse a un impresora , su operación bidireccional no es estandar y para su implementación el manejo de las señales de control es bastante particular en cada caso .

Otra manera estandar de mandar información es a través de puertos seriales de entrada/salida en código ASCII (American Standard Code for Information Interchange), de hecho, es la manera más general de intercambiar información entre computadoras, por medio de líneas telefónicas o conexiones directas cuando las distancias no son muy largas. Entradas/salidas seriales involucra mandar bytes de información un bit cada vez con respecto al tiempo, el enos significativo primero, además de bits de control para mantener la sincronización del flujo de datos. Por su puesto es mas lento que la comunicación en paralelo, pero es generalmente más utilizada.

El bus IEEE-488 (GPIB) (byte /serial), se utiliza mucho en aplicaciones de control en los laboratorios, o procesos que involucren estar leyendo o escribiendo datos a diferentes dispositivos sensores o actuadores. Fué desarrollado originalmente por Hewlett-Packard con el propósito de transferir datos entre instrumentos de laboratorio sobre la base de tiempo compartido y utilizando para ello 16 líneas, que cuentan con un modo particular de señales de control para 'handshaking' y el procedimiento de direccionamiento para accesar los diferentes dispositivos. Un controlador maestro (una computadora) da instrucciones a los diferentes instrumentos (transmisores o receptores) para mandar o recibir información.

INTERFASE CENTRONICS .-

Como ya se estableció básicamente esta interfase es para la transferencia de datos a impresoras con 8 bits simultáneos, una computadora típicamente puede transmitir datos a 150 kilobytes/segundo de tal manera que una impresora necesita decirle de alguna manera que se espere pues la impresión de datos es mucho más lenta. Cuando la computadora manda un byte de datos al impresor, también manda un pulso bajo sobre la línea de STROBE, con lo que le indica al impresor que tien un byte de datos que entregar, cuando el impresor ha leído el dato y está listo para aceptar otro, manda una señal de reconocimiento mandando un pulso bajo en la línea de ACKNOLG, con lo que le dice a la computadora, ya leí lo que me mandaste, este es un ejemplo de 'handshaking' en dos sentidos, esto se muestra en la siguiente figura, en donde aparece la línea BUSY, que es otra manera que tiene el impresor de decirle a la computadora espera, no puedo seguir recibiendo datos hasta que yo te avise.

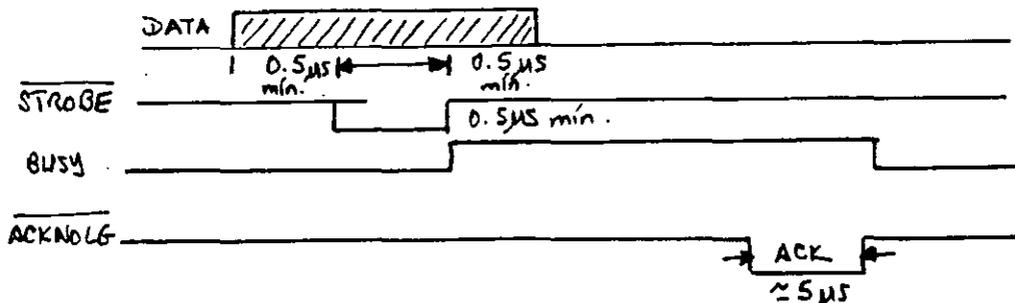


DIAGRAMA DE TIEMPOS DE LA INTERFASE EN PARALELO CENTRONICS PARA IMPRESORA. LAS LINEAS DE DATA Y STROBE SON MANDADOS POR LA COMPUTADORA Y LAS LINEAS ACKNOLG Y BUSY POR EL IMPRESOR.

Una computadora IBM/PC , típicamente utiliza la línea BUSY para establecer el ' handshaking ' en un modo de ciclo de espera probando la línea hasta que ocurra la condición necesaria (polled mode).

Se muestra a continuación como sería el ciclo de espera

```

                mov     dx, status
HANG            in     al, dx      ;mantente en ciclo de espera
                test   al, 80H   ;línea BUSY es baja si el bit 7=1 en el
                jz     hang      status del puerto.
```

La rutina en ROM del BIOS para el puerto en paralelo para la impresora de IBM/PC efectúa lo siguiente :

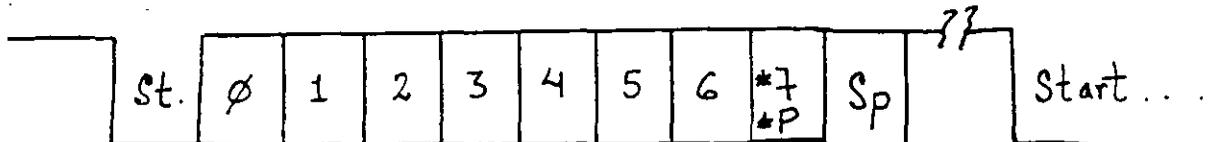
Cuando un caracter va a ser enviado al impresor , la rutina de salida manda el caracter al puerto de salida donde es ' latchado ' en espera de ser enviado, la rutina accesa entonces la línea BUSY hasta que tenga un nivel bajo , en el caso de que no suceda esto , la rutina cuenta con un contador de aproximadamente 16 segundos , y la que retorna un mensaje de error si en este tiempo no se efectúa ninguna transmisión del dato , la rutina se puede interrumpir con un Control C lo que evita el consumo de tiempo innecesario .

Tan pronto la línea BUSY se encuentre en un estado bajo , la rutina en ROM del BIOS pone la línea STROBE baja para indicar al impresor que un nuevo dato esta listo para ser enviado . Normalmente la rutina en el BIOS puede soportar hasta cuatro puertos en paralelo, claro está que tiene que auxiliarse de puertos inteligentes como el 8255 y buffers bidireccionales como el 741S245. De esta manera es posible transferir archivos entre dos computadores de manera muy rápida y eficaz.

Cuando no se requieren velocidades muy rápidas , es posible reducir el numero de líneas de interconexión entre los dispositivos haciendo una conversión de paralelo/serie , de hecho si los datos a transmitir pueden ser transmitidos relativamente lentos , solamente se necesitan dos hilos para transmisión bidireccional y la correspondiente referencia (tres hilos en total) . La información en serie es dependiente del tiempo , esto es , los bits son representados por códigos que tienen una duración específica en el tiempo . Todos los formatos estandar asíncronos en serie utilizados en comunicación de datos utilizan un intervalo de tiempo conocido como ' período de baudaje ' para cada bit , la palabra baud es utilizada en honor del Francés Baudot , quien fué un estudioso de los esquemas de codificación de comunicaciones de datos en serie en los años 1800. En la manera mas simple de codificación , un ' 1 ' es representado por un nivel de voltaje alto (TTL) en un periodo de baudaje y un ' 0 ' por un nivel bajo de voltaje . Para mandar la información codificada de esta manera , los relojes del transmisor y el receptor deben estar sincronizados . Los bits son transmitidos en grupos típicamente de 8 bits (caracteres) . En los formatos asíncronos estandarizados , el tiempo entre caracter y caracter cuando no se está transmitiendo ningún dato , es indicado por un estado estable alto llamado marca , luego el transmisor dice al receptor que un caracter va a ser enviado indicándoselo con un ' bit de empuje ' (start bit) que es un nivel bajo , posteriormente envía los ocho bits de información que representan al caracter . Una vez terminado esto , puede ser enviado un ' bit de paridad ' que indicara si existe o no un error en la transmisión y por ultimo un ' bit de parada ' con lo que termina la transmisión de un caracter .

Debido a que puede pasar cualquier periodo de tiempo entre cada transmisión de un caracter(con el formato descrito), este metodo es llamado Comunicación Asíncrona . Velocidades típicas de transmisión de datos en esta manera son (baud rate):

50 ----- muy lento
 110 ----- velocidades de los viejos teletipos .
 150 ----- lento
 300 ----- lento pero usado en líneas telefónicas.
 1200 ----- líneas telefónicas.
 2400 , 4800 , 9600 , 19200 --- usos mas modernos actuales .

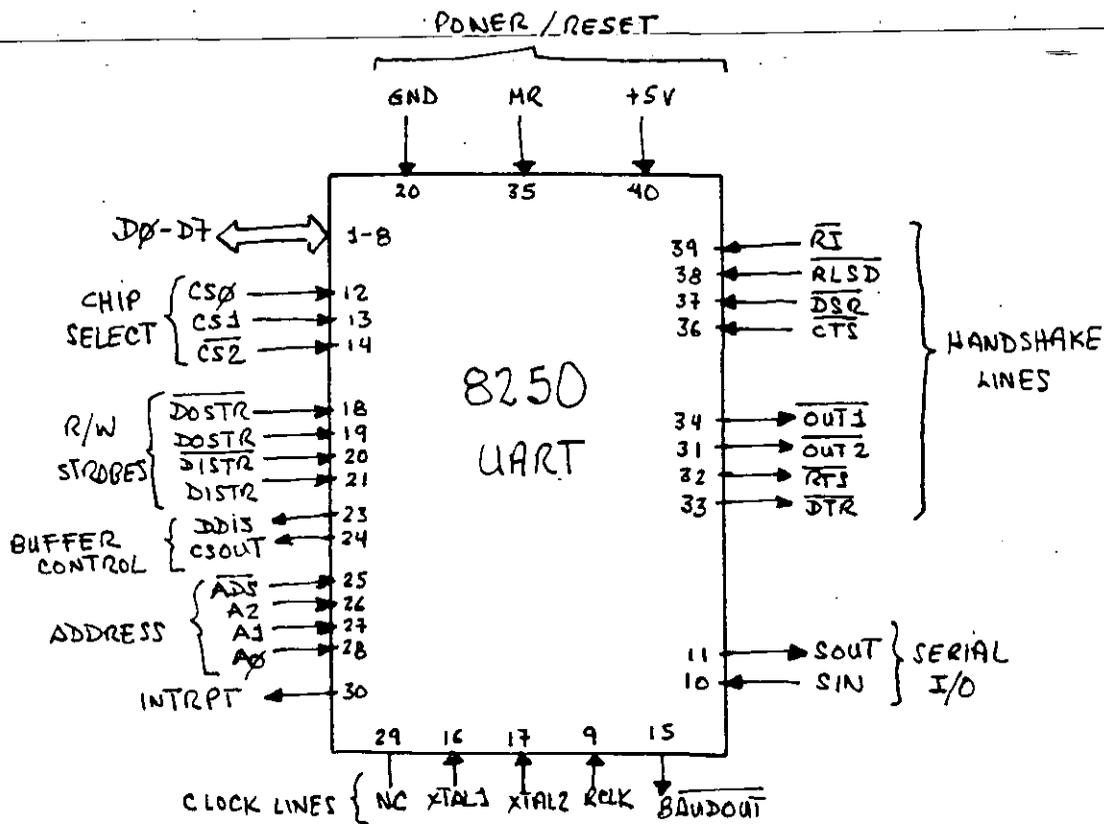


FORMATO DE TRANSMISION EN SERIE

UART (8250) .-

Debido a que si el CPU en una computadora se dedica a realizar todas las funciones de transmisión de datos , esta se limita en velocidad y con el advenimiento de la gran escala de integración de circuitos se han diseñado y fabricado chips de propósito dedicado como el UART / 8250 (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) que simultáneamente transmite y recibe datos en serie , realizando las funciones de conversión paralelo/serie y de inserción y verificación de los bits utilizados en el formato utilizado para transmisión en serie manteniéndola sincronizada. Este dispositivo realiza transmisión en **full duplex** y **half duplex** , con sus consecuentes ventajas y desventajas cada tipo de transmisión en los referente al número de hilos utilizados .

El UART 8250 de National Semiconductor se utiliza en la familia de computadoras PC de IBM , debido a que puede trabajar con casi todos los formatos de transmisión en serie utilizados y hasta velocidades de 9600 bauds



**UNIVERSAL ASYNCHRONOUS RECEIVER/TRANSMITTER DE NATIONAL SEMICONDUCTOR
8255**

El 8255 presenta la configuración de sus conexiones en 4 categorías : power/reset , clock , serial I/O interface y CPU interface.

La interfase en serie de entrada/salida , consiste en líneas de ' handshaking ' (4 entradas y 4 salidas) y 2 líneas de datos en serie . La interfase del CPU consiste de 8 líneas de datos bidireccionales , 2 de lectura (read) y dos de escritura (write strobes) , 3 líneas selectoras (chip select) , 2 líneas de control de salida de buffers , 2 líneas de direcciones , con una línea de latcheo (address-latch strobe) y una línea de interrupción .

La programación del UART se tiene que hacer antes de la transmisión de datos . El 8250 es visto por el CPU como 7 puertos consecutivos que accesan 10 registros de acuerdo a la siguiente tabla:

PUERTO	REGISTRO SELECCIONADO	DLAB/BIT
3FB	Transmit data	8
3FB	Receive data	8
3FB	Gaud Rate L Byte	1
3F9	Gaud Rate H Byte	1
3F9	Interrupt enable	1
3FA	Interrupt ID	
3FB	Line Control	
3FC	Modem control	
3FD	Line status	
3FE	Modem status	

PUERTOS DEL 8250/ UART Y REGISTROS ASOCIADOS DE PROGRAMACION

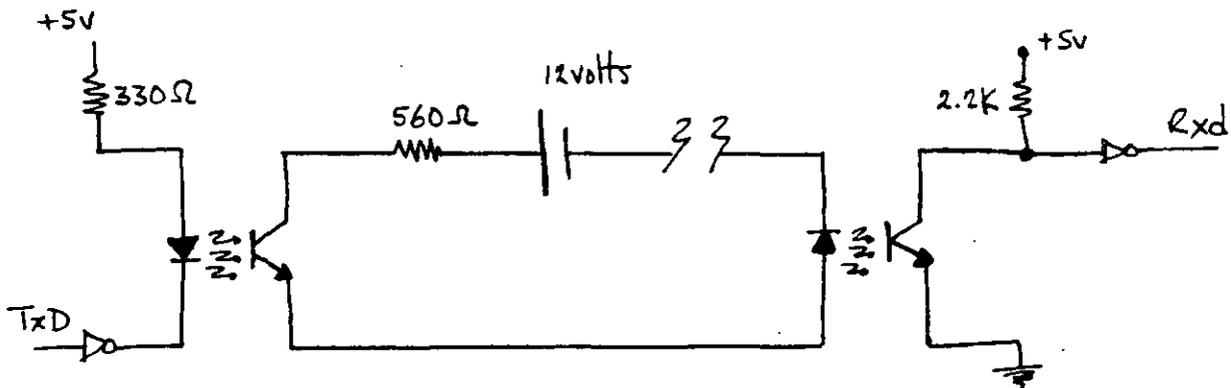
Es posible recibir y transmitir datos solamente realizando instrucciones de IN/OUT en la computadora . Las direcciones que se muestran en la tabla son para acceder el puerto serial COM1 en la PC , para acceder el puerto 2 COM2 son 100H mas bajas que el COM1.

El UART/8250 realiza las funciones de adecuación para la transmisión en serie, pero no es capaz de transmitir los datos a distancia sin que puedan ocurrir errores , no tiene la suficiente potencia de manejo para ello , por lo que se utilizan dos maneras de realizar la transmisión :

- * la interfase RS-232 que es una convención de niveles de voltaje.
- * y circuitos de malla de corriente .

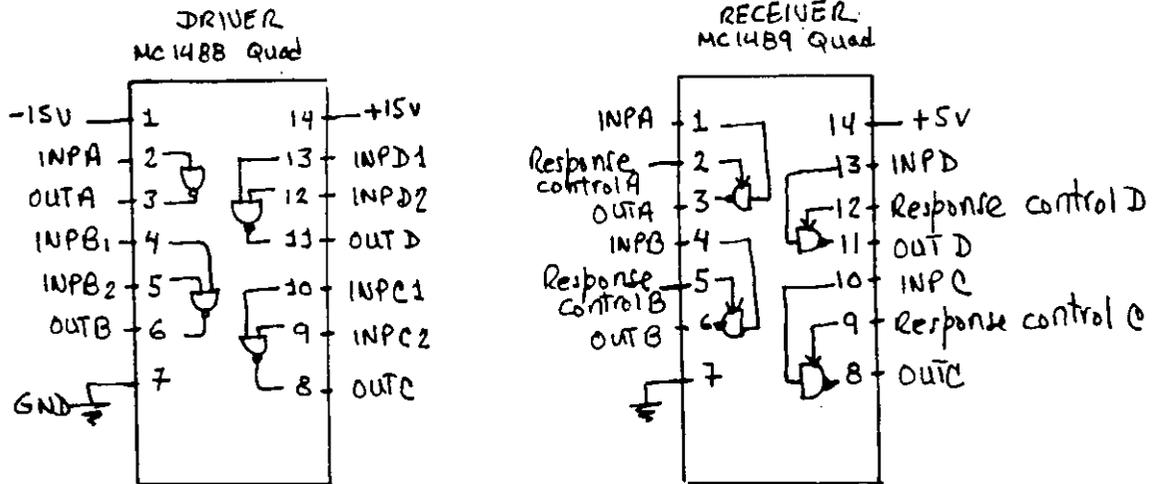
Los circuitos de malla de corriente , han sido utilizados desde la era del telegrafo , y son fácilmente construídos auxiliándose de optoacopladores que realizan una función de desacoplamiento eléctrico . Esto es muy recomendable en las interconexiones de microcomputadoras con computadoras mas grandes , por otro lado , la interfase RS-232 puede causar daños en el hardware si no se conecta apropiadamente, con esta interfase es posible hacer conexiones por normas hasta de 50 pies , pero en la práctica funciona hasta 100 pies a velocidades de 9600 bauds y es hoy en día la interfase mas popular para realizar conexiones en serie .

La siguiente figura muestra una trayectoria simple de un circuito de malla de corriente optoacoplada , en la figura una salida de un UART es conectada a través de la malla a la entrada de otro UART . Como se ve el circuito de malla de corriente tiene su propia fuente de poder , que junto con las resistencias utilizadas , típicamente se calculan para tener una corriente de malla de 20 ma. , de tal manera que cuando se tiene un ' 1 ' se establece una corriente en el circuito y cuando existe un '0' no existe corriente . Para una transmisión en full duplex , se necesitan dos circuitos como el mostrado .



CIRCUITO DE MALLA DE CORRIENTE OPOTOELECTRONICAMENTE AISLADO

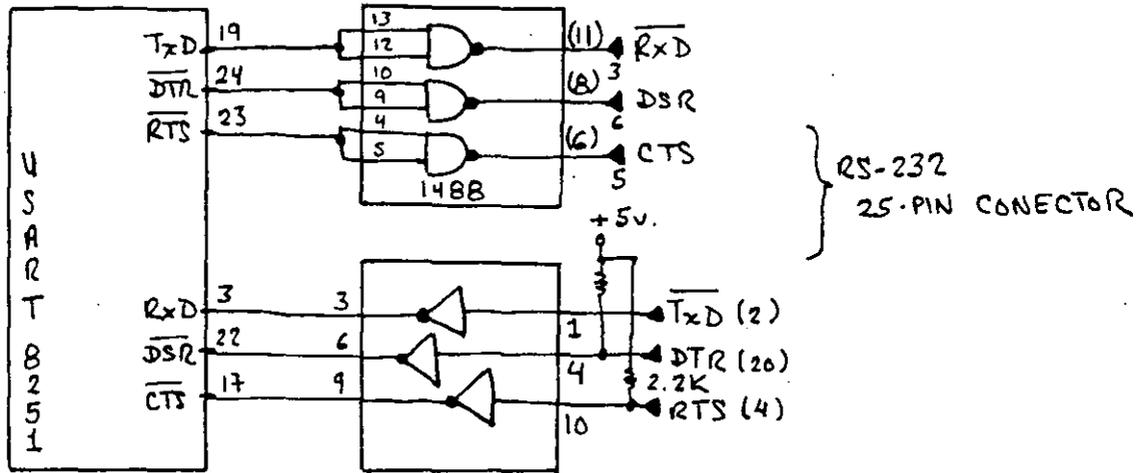
El metodo mas comun para transmitir datos en serie es la interfase RS-232 , estandarizada por EIA (Electronic Industries Association) y representa los '1' por voltajes de -3V. a -20V. y los '0' por voltajes de +3V. a +20V. , esto proporciona un amplio rango en las señales digitales , alternativa de cruce por cero y bastante inmunidad al ruido (mejor que TTL). La interfase define también un conector estandar para la conexión física de comunicación en serie llamado conector DB-25 , la interfase soporta las líneas de handshaking mas comunes como DTR , DSR, RTS, y CTS al igual que otras utilizadas , con un máximo de nueve líneas , aunque en la mayoría de los casos se utilizan solo dos . Para la conversión de señales TTL a RS-232 , se utilizan normalmente dos circuitos integrados , mostrados en la figura ..



La siguiente tabla muestra la configuración de conexiones mas comunes para la interfase RS-232 para terminales y modems (o computadoras) . Los dispositivos alambrados como terminales , normalmente se conocen como DTE's (data terminal equipment) y los dispositivos como modems o computadoras se conocen como DCE's (data communications equipment).

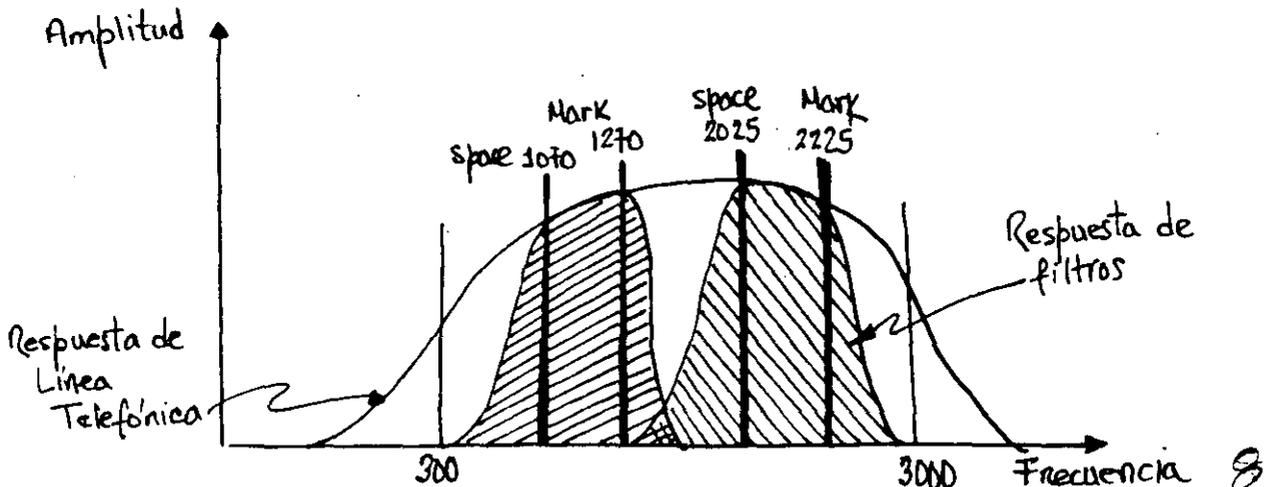
SEÑALES RS-232	I/O	TERMINAL DTE'	MODEM DCE
signal gorun		1	1
transmit data (SOUT)	O	2	3
receive data (SIN)	I	3	2
request to send(RTS)	O	4	5
clear to send(CTS)	I	5	4
data set ready(DSR)	I	6	20
chassis ground		7	7
carrier detect(CD).		8 (input)	8 (output)
data terminal ready(DTR)		20	6

La figura a continuación muestra un circuito de interfase RS-232 que soporta SOUT (TxD), SIN (RxD), DTR, DSR, RTS y CTS, todos los valores sobre la interfase están invertidos con referencia al UART, debido a los circuitos 1488 y 1489.



Comunicación de computadora a computadora, -

Existe mucho software de protocolos para la comunicación de computadora a computadora, desde el muy elemental y manual hasta los totalmente automáticos. Como una observación para comunicar datos de una computadora a otra y si están son compatibles hasta en los manejadores de discos, normalmente es más fácil transferir los datos vía los discos de almacenamiento (floppies disk). Existen programas que pueden establecer las comunicaciones entre computadoras como el CROSSTALK, Perfectlink, etc. Normalmente cuando se quieren establecer comunicaciones a distancia es necesaria la utilización de un modem (Modulador/demodulador), con lo que se pueden alcanzar prácticamente cualquier distancia en la que se encuentre una línea telefónica o vía de comunicación similar. A continuación se presenta el ancho de banda normalmente utilizado en transmisiones telefónicas con modems.





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

C U R S O S A B I E R T O S

SEÑALES CIRCUITOS Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES

SISTEMAS DE COMUNICACION ANALOGICA

ING. ROMAN OSORIO

1 9 9 4

INDICE

Breve historia de las redes locales

Proceso distribuido

Ambientes de comunicación entre los nodos de una red

Token-Ring

Ethernet

Arcnet

Estándares

Protocolos

Medios de comunicación

Cable coaxial

Cable telefónico o par trenzado

Cable de fibra óptica

Microondas

Satélites

Topología de redes

Estrella

Arbol jerárquico

Ciclo

Bus

Anillo

Telaraña

Red digital de servicios integrados

WAN Dispositivos para armar redes de area amplia

BREVE HISTORIA DE LAS REDES

LOCALES

En la década de los 50 el hombre dió un gran salto al inventar la computadora electrónica.

Con la aparición de las terminales en la década de los 60, se logró una comunicación directa, y por tanto más rápida y eficiente entre usuarios y Unidad Central de Proceso.

A finales de la década de los 60 y principios de los 70 se fabricaron equipos de menor tamaño y regular capacidad.

Hacia la mitad de la década de los 70 se construyeron las microcomputadoras.

A principios de los 80 las microcomputadoras habían revolucionado el concepto de la computación electrónica.

Hacia 1983 Novell Inc. fué la primera en introducir el concepto de FILE SERVER.

En la década de los 90 se espera un continuo crecimiento de la industria de redes locales, así como el surgimiento de más tecnologías de conectividad independientes de protocolos y de equipos propietarios.

PROCESO DISTRIBUIDO

Proceso Centralizado: Todos los usuarios comparten el poder de un procesador central y una sola copia del software de aplicación corre en el CPU central.

Proceso Distribuido: El proceso se distribuye entre las computadoras de la red. El proceso de información en máquinas PC's conectadas a una red es un ejemplo de proceso distribuido. Cada PC corre su propia copia del programa y el Sistema Operativo de red sincroniza el uso de recursos compartidos por las múltiples aplicaciones.

Algunos ejemplos de servicios distribuidos son los servidores de impresión, de comunicaciones (gateways), de bases de datos, de administración de red, fax, correo electrónico, etc.

Proceso Cooperativo: Llamado también modelo cliente/servidor, en lo que a aplicaciones se refiere, cuando diferentes partes de las mismas se llevan a cabo en varias computadoras de la red y esto es transparente para el usuario.

En que circunstancias es útil un proceso cooperativo y como se lleva a cabo? Cuando el tráfico en el canal de comunicaciones entre el servidor de archivos y las estaciones de trabajo se vuelve muy intenso.

A diferencia de lo anterior con un servidor de Bases de Datos una parte del proceso se lleva a cabo en el servidor de Base de Datos y otra parte en la Estación de Trabajo.

Evaluación de alternativas:

- En el CPU del servidor de archivos
- En un servidor de archivos no dedicado
- Llevar la aplicación a una computadora diferente al servidor de archivos, convirtiéndose en una aplicación basada en servidor.

En la Figura 6 se grafica el costo contra el rendimiento de las tres alternativas.

Los elementos de una red, son los que a continuación se describen:

- Servidor de archivos
- Estaciones de trabajo
- Dispositivos periféricos
- Tarjetas de interfaz
- Cables
- Sistema Operativo

El *Sistema Operativo* es el programa responsable de:

- Administrar los recursos compartidos
- Manejar las comunicaciones entre las PC's
- Garantizar la integridad de la información

Esto no lo puede hacer el Sistema Operativo de la estación de trabajo puesto que su origen no está diseñado para estas tareas; esta es la razón por la cual debe haber un sistema operativo de red.

Servidor no dedicado: Funcionará como un servidor de archivos y estación de trabajo. Aquí el usuario puede trabajar en la máquina procesando su propia información mientras que se ejecutan las funciones de servidor de archivos, existe la probabilidad de una degradación en la funcionalidad de la red puesto que está haciendo dos funciones, lo cual alentará las operaciones.

AMBIENTES DE COMUNICACION ENTRE LOS NODOS DE UNA RED

TOKEN-RING

Características:

Creada y diseñada por IBM
Alta conectividad en IBM
Cableado complejo
Buen rendimiento
Opción de 4/16 Mbits

Especificaciones técnicas:

Velocidad 4/16 Mbits/seg
Protocolo Token passing
Nodos 1023 prácticos por red
Instalación MAU's (Unidad de múltiple acceso)
Cableado STP/IBM Tipo 2 UTP Fibra óptica

Fabricantes más importantes:

3 COM
IBM
MICRON
UNGERMAN/BASS
PROTEON

Fabricación: El conjunto de chips para Token-Ring se desarrolló conjuntamente entre IBM y Texas Instruments. Casi todas las tarjetas Token-Ring se basan en el chipset de Texas Instruments (TMS380).

Mediante el agente de token, un nodo obtiene el privilegio de transmitir datos. Una estación transmisora captura el token, cambia el primer bit para identificarlo como un frame de datos, añade los datos y una dirección y envía la señal hacia la corriente. Cada nodo checa si el frame está direccionado a el; si no, el nodo retransmite el frame. Cuando el nodo direccionado recibe el frame, verifica que la información sea correcta, copia los datos, marca el frame como recibido y regresa el frame original al anillo. El nodo transmisor remueve el frame original y añade un token nuevo.

4 MBits/segundo

Topología de estrella distribuida o anillo

Protocolo Token-Passing

Cable IBM tipo 2

Conectividad hacia ambientes IBM 3270 bajo Token/Ring

ETHERNET

Características:

Creada por Xerox (1970)
Estándar más estable
Muchos ambientes
Difícil de instalar

Especificaciones técnicas:

Velocidad	10Mbits/seg
Protocolo	CSMA/CD
Nodos	1 a 1023 Cableado
	Thick 1500 m
	Thin 300 m
	Fibra óptica
	Twisted pair

Fabricantes más importantes:

3 COM
EXCELAN
MICRON
NOVELL GATEWAY

Variantes en tarjetas de PC's:

Tamaño buffer
8 a 16 bits
Uso de DMA
Procesador

Formato del frame:

Dirección	Dirección	Tipo	Datos	CRC	destino	fuelle
-----------	-----------	------	-------	-----	---------	--------

En este tipo de red cada estación de trabajo se encuentra conectada bajo un mismo bus de datos y por esta transmiten los paquetes de información hacia el servidor y/o los otros nodos.

ARCNET

Características:

Creada y diseñada por DATAPOINT
Mejor precio/rendimiento
Cableado muy versátil
Fácil de instalar

Especificaciones técnicas:

Velocidad	2.5 MBits/seg
Protocolo	Token-Passing
Nodos	1 a 255
Instalación	Repetidores A/P
Cableado	RG-62/BUS STAR Fibra óptica Twisted pair

Fabricantes más importantes:

MICRON
DATAPOINT
STANDARD MICROSYSTEM
PURE DATA
NOVELL
THOMAS CONRAD

El paquete de información viaja a través de la red de un nodo a otro, en forma ascendente. Es decir, el paquete de información (token) pasa por cada uno de los nodos y regresa nuevamente al mismo. Cada tarjeta lleva un número asignado de nodo, el cual tiene que ser distinto a cualquier otro en la red, este número de nodo se direcciona físicamente a cada tarjeta. Cada mensaje incluye una identificación del nodo fuente y del nodo destino y solo el destino puede leer el mensaje completo. Existen 2 tipos de repetidores activos y pasivos. Los activos llevan toda una electrónica que direcciona la información y la amplifica., Los pasivos constituyen bifurcaciones de la señal hacia cada nodo conectado.

15

Formato del frame:

ALERT SOH SID DID DID COUNT DATOS CRC CRC

2.5 Mbits/segundo
Topología de estrella distribuida
Protocolo Token-Passing
Cable coaxial delgado (RG-62)
Bajo costo
Permite distancias grandes (hasta 6 Km)

ESTANDARES

Conjunto de lineamientos que todos están dispuestos a cumplir. Cuando se establece un estándar y un fabricante lo cumple se dice que su producto es compatible. Para las redes locales organizaciones tales como IEEE desarrollan estándares de comunicación, principalmente el 802 que tiene como finalidad establecer el procedimiento para lograr la comunicación entre los nodos de una red, elabora documentos con los detalles del estándar a fin de lograr la conexión a través de la tarjeta de interfase.

Entre las más destacadas se encuentran las siguientes:

- 802.1 Describe un modelo de referencia y proporciona un glosario
- 802.3 Estándar de contención de bus (CSMA) para redes Ethernet
- 802.4 Estándar de token bus (token passing) para redes Arcnet
- 802.5 Estándar token ring para redes Token Ring 10Base-T
Estándar de Ethernet 10Mbits por cableado telefónico

PROCOLOS

Existen 3 tipos de protocolos básicos para redes locales:

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) Acceso múltiple del sentido de transporte/Detección de colisiones. Se utiliza en redes Ethernet; un mensaje se transmite por cualquier estación o nodo de la red en cualquier momento, mientras la línea de comunicación se encuentra sin tráfico. Cuando dos o más nodos transmiten simultáneamente, ocurren colisiones y entonces, el proceso se repite hasta que la transmisión es exitosa; así se impide la pérdida de datos.

TOKEN-PASSING Se utiliza en redes ARCNET y TOKEN RING, se basa en un esquema libre de colisiones, dado que la señal (token) se pasa de un nodo o estación a otro. Con esto se garantiza que todas las estaciones de trabajo tendrán la misma oportunidad de transmitir y que un sólo paquete viajará a la vez en la red. Uno de sus inconvenientes es que al llegar a un nodo, el token regenera el mensaje antes de pasarlo al siguiente.

PROTOCOLO POR POLEO Cuenta con un dispositivo controlador central, que es una computadora inteligente, como un servidor. Pasa lista a cada nodo en una secuencia predefinida solicitando acceso a la red. Si tal solicitud se realiza, el mensaje se transmite; de lo contrario, el dispositivo central se mueve a pasar lista al siguiente nodo.

MEDIOS DE COMUNICACION

Cable coaxial: Se conforma por un alambre conductor básico cubierto por una placa metálica que actúa como tierra. El alambre conductor y la tierra se encuentran separados por un aislante plástico y finalmente todo el conjunto está protegido por una cubierta exterior también aislante. Pueden transportar una señal eléctrica a mayor distancia entre más grueso es el conductor.

Ventajas:

- Transmisión de voz, video y datos
- Fácil instalación
- Compatibilidad con Ethernet y Arcnet
- Ancho de banda 10Mbps
- Distancia hasta de 600 m sin necesidad de repetidores
- Muy buena tolerancia a interferencias por factores ambientales
- \$ 1.0 cable delgado, \$ 2.5 cable grueso

Cable telefónico o par trenzado: Se forma por dos alambres de cobre que se encuentran aislados por una cubierta plástica torcidos uno contra el otro. Los UTP (par torcido sin blindar) son sumamente baratos, flexibles y permiten manipular una señal a una distancia máxima de 110 m sin el uso de amplificadores, los STP (par torcido blindado) permiten un rango de 500 m de distancia.

Ventajas:

- Tecnología conocida
- Facilidad y rapidez de instalación
- Compatibilidad con Ethernet, Token Ring
- Ancho de banda 10Mbps
- Distancia de hasta 110 m con UTP y 500 m con STP
- Excelente relación precio/rendimiento
- \$ 0.60 UTP por metro y \$2.50 STP por metro
- Buena tolerancia a interferencias debidas a factores ambientales

Cable fibra óptica: Se compone de una fibra muy delgada elaborada de dos tipos de vidrio con diferentes índices de refracción, la fibra óptica a su vez está cubierta por una placa aislante y protectora en la parte más exterior para darle mayor integridad estructural al cable. Para la transmisión de la información, en redes locales se utiliza una fibra como transmisor y otra como receptor. Las distancias máximas obtenidas para redes locales son de 2000 metros de nodo a nodo sin el uso de amplificadores.

Ventajas:

- Transmisión voz, video y datos por el mismo canal
- Aplicaciones de alta velocidad
- No genera señales eléctricas o magnéticas
- Inmune a interferencias y relámpagos
- Puede propagar la señal sin amplificador a una distancia de hasta 2000 metros
- Ancho de banda 200Mbps
- Compatibilidad Ethernet, Token Ring
- Excelente tolerancia a factores ambientales
- Ofrece mayor capacidad de adaptación a nuevas normas de rendimiento

MICROONDAS

La tecnología de transmisión por microondas está siendo utilizada más y más en la construcción de redes privadas. Los sistemas más nuevos de microondas operan en el rango de 18 a 23 GHz del espectro de ondas electromagnéticas, aunque todas las ondas arriba de la marca de 1 GHz se consideran microondas. La ruta que siguen las microondas no sólo debe ser visible claramente, sino que debe haber suficiente espacio libre sobre el terreno, los edificios u otras obstrucciones para acomodar las longitudes de onda. La energía de las microondas viaja en frente de ondas que pueden verse afectadas por obstáculos a lo largo de la ruta. Los espacios por arriba y por debajo de la línea de visión, denominados zonas Fresnel, deben mantenerse libres de obstrucciones para un rendimiento óptimo del sistema.

SATELITES

Los satélites, denominados "pájaros por la industria aeroespacial, se están convirtiendo en herramientas cada vez más significativas para la transmisión de datos como alternativas a los circuitos terrestres tradicionales, en especial las líneas telefónicas rentadas. La distancia no significa nada para un satélite, ya que su cono transmisor y receptor puede cubrir un distrito, una ciudad, un estado o un continente. Además, un mensaje puede transmitirse una vez a cientos o miles de receptores. Las tasas de error son de aproximadamente 1 por cada 10 millones de bits transmitidos.

Las LAN, como ya se sabe, son redes que están contenidas ya sea dentro de un solo edificio o en una instalación cuyo dispositivo más alejado no está a más de 40 o 50 millas, pero típicamente a no más de 1 o 2 millas. Las redes de rea amplia cubren regiones ms grandes con distancias entre nodos de cientos o incluso miles de millas. Las WAN incluyen redes telefónicas de conmutación pública, redes de datos con conmutación por circuitos y redes de datos con conmutación por paquetes. Las WAN son generalmente redes de medios de comunicación mixtos que emplean una combinación de líneas terrestres y satélites.

TOPOLOGIA DE REDES

La topología corresponde a los arreglos de interconexión o a la configuración de los nodos de una red.

Estrella: Todas las comunicaciones son dirigidas hacia y manejadas por un nodo principal central. El nodo central realiza la mayor parte del procesamiento y es responsable de la conmutación de todos los mensajes entre los nodos periféricos.

Arbol jerárquico : Tienen nodos intermedios entre nodos de comunicación, en el que el nodo intermedio opera en un modo de almacenamiento y envío.

Ciclo: Se emplea para interconectar una serie de nodos de tamaño similar que realizan un trabajo similar, cada nodo debe ser capaz de todas las funciones de comunicaciones de la red.

Bus: Asigna porciones del procesamiento y administración de la red a cada nodo, cada nodo tiene acceso a una línea común de comunicaciones, pero los nodos individuales realizan una amplia variedad de tareas.

Anillo: Esa una combinación de las topologías de ciclo y bus, si se cae un nodo individual del anillo, no pasa nada o solo se siente un grado pequeño de degradación.

Telaraña: Cada nodo de la red está conectado a cada uno de los demás mediante un eslabón dedicado.

VENTAJAS DE LAS TOPOLOGIAS DE ESTRELLA Y JERARQUICA

- Los controles son más fáciles de implementar y monitorear .
- En algunos casos, en el empleo de grandes computadoras como núcleo central, es posible obtener economías de escala.
- Los estándares en políticas, programación y componentes de construcción se pueden aplicar ms fácilmente
- La falla de un dispositivo remoto no afecta a otros dispositivos
- Generalmente es más confiable.

DESVENTAJAS DE LAS TOPOLOGIAS DE ESTRELLA Y JERARQUICA

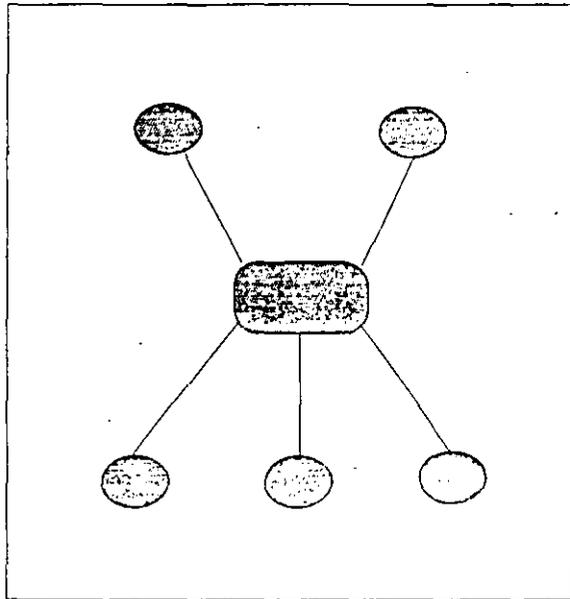
- La computadora (mainframe) central es el procesador, controlador y compuerta para todos los nodos de la red. Si falla este nodo central todos los demás nodos quedan fuera de servicio
- Debido al tamaño del nodo central se pueden presentar ineficiencias cuando los nodos externos no están utilizando el sistema
- Los estándares estrictos y un diseño monolítico pueden convertirse en un obstáculo para una respuesta rápida a las necesidades de los usuarios
- El sistema total está limitado por la capacidad del nodo central
- La instalación es más costosa

VENTAJAS DE LAS TOPOLOGIAS DE BUS Y ANILLO

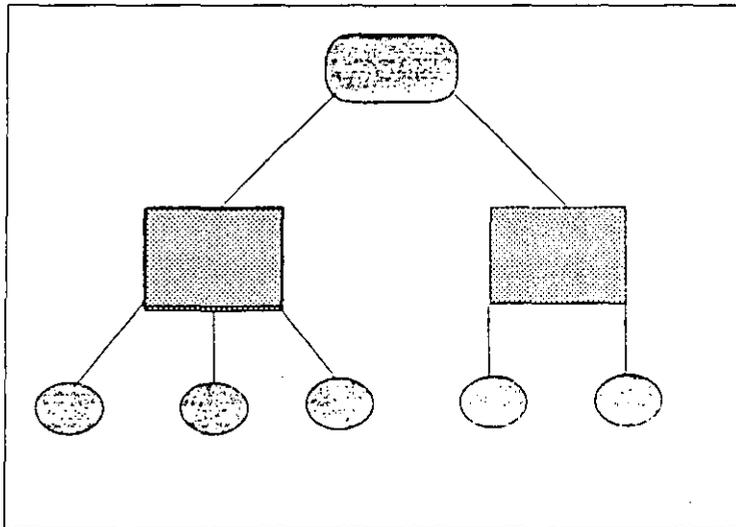
- Apoyan la integración de todas las funciones
- Aumentan acceso directo de los usuarios y se distribuyen mayores capacidades independientes al punto de necesidad
- Existe la posibilidad de una mayor participación de los usuarios en el diseño
- Se incrementa la experiencia y confianza de los usuarios en el uso del sistema dando supuestamente por resultado un uso más eficiente y eficaz de la tecnología
- Aumenta la capacidad para compartir el poder computacional
- Se facilita la adaptación específica de nodos del sistema para cubrir en forma precisa las necesidades de los usuarios
- Los costos de instalación son menores

DESVENTAJAS DE LAS TOPOLOGIAS DE BUS Y ANILLO

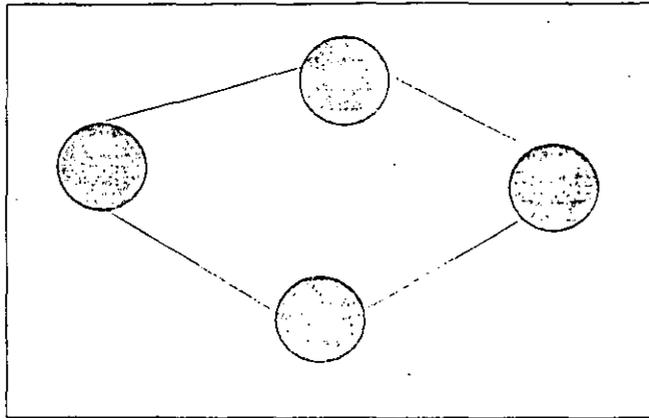
- Tendencia a redundancia en todos los componentes
- Dificiles de manejar y controlar
- Debido a que algunos de los nodos son pequeños, no se cuenta con habilidades técnicas para los nodos remotos
- La topología comienza a desintegrarse si empieza a disminuir la cooperación y compatibilidad entre los nodos
- Si se rompe la columna vertebral de la red de bus o anillo se inhabilita todo el sistema



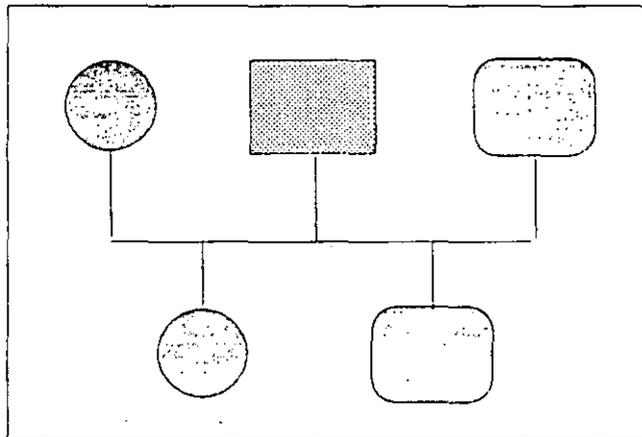
Topología de estrella



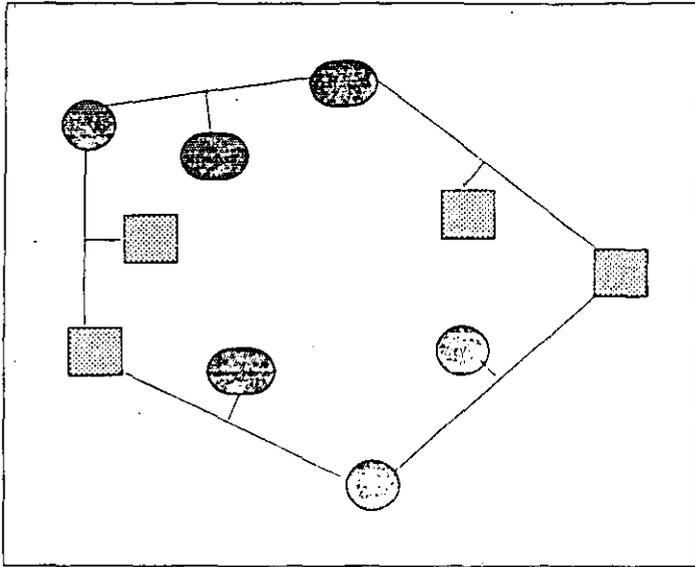
Topología de árbol jerárquico



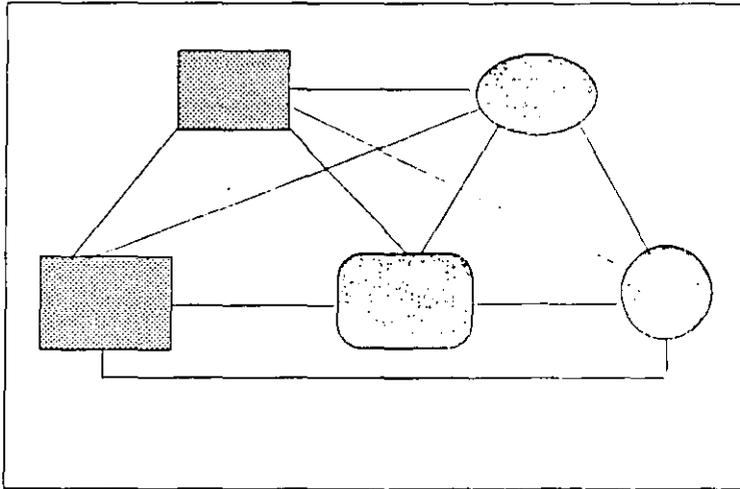
Topología de ciclo



Topología de bus



Topología de anillo



Topología de telaraña

RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

Las grandes corporaciones actuales emplean típicamente varias redes de comunicaciones separadas para el transporte de mensajes de diferentes tipos. Lo más común es la red telefónica, que proporciona líneas analógicas para el circuito local, requiriendo modems en cada extremo para la conversión digital-analógica y analógica-digital. La misma organización también podrá estar conectada a una red conmutada por paquete, para las comunicaciones de computadoras; una red privada de satélites, microondas y fibra óptica; y una red de telex para las comunicaciones internacionales. Con la red digital de servicios integrados todos los mensajes se transportarán sobre una sola tubería, en lugar de hacerlo sobre muchas tuberías separadas. La ISDN pretende proporcionar una interfaz común y una red unificada y global de telecomunicaciones, accesible a compañías grandes y pequeñas e incluso a hogares, mediante la oficina central de la compañía telefónica. Con el tiempo, la ISDN promete ser una interfaz más fácil de usar, similar a la conexión de un aparato doméstico que utiliza la electricidad proporcionada por la compañía local. Elimina la necesidad de cable coaxial, modems, multiplexores y redes múltiples debido a que todo correrá en un cable telefónico ordinario.

DISPOSITIVOS PARA ARMAR REDES DE AREA AMPLIA

En sentido estricto, una red de área amplia es una red de redes, en la que se conectan varias redes locales mediante dispositivos que permiten su conectividad local o remotamente, a pesar de que tengan diferente topología. Estos dispositivos pueden usar o no líneas telefónicas o servicios públicos de transmisión de datos.

Los puentes, ruteadores y gateways son las cajas negras que nos permiten utilizar diferentes topologías y protocolos dentro de un solo sistema heterogéneo. Cada uno de estos elementos tiene ventajas y desventajas así como aplicaciones específicas.

Los puentes tienen usos definidos; primero pueden interconectar segmentos de red a través de medios físicos diferentes. También presentan transparencia de protocolo de alto nivel; permiten que se comuniquen los dispositivos y los segmentos que usan el mismo protocolo de alto nivel; los puentes son inteligentes, aprenden las direcciones de destino del tráfico que pasa por ellos y lo dirigen a su destino.

El ruteador es más inteligente que el puente, los ruteadores no tienen la misma capacidad de aprendizaje que los puentes pero pueden tomar decisiones de enrutamiento que determinen la trayectoria más eficiente de datos entre dos segmentos de red. A los ruteadores no les interesa saber que topologías o que protocolos de nivel de acceso se utilizan en los segmentos de red; los ruteadores solo saben donde se encuentra el siguiente ruteador.

Los gateways ofrecen el mejor método para conectar segmentos de red y redes a mainframes. Se selecciona un gateway cuando se tienen que interconectar sistemas que se construyeron totalmente con base en diferentes arquitecturas de comunicación. En cada extremo de la red el gateway ofrece la conversión del protocolo de y a los segmentos de red conectados en el otro lado. Los gateways no proporcionan enrutamiento de paquetes dentro de los segmentos de red; simplemente entregan sus paquetes de datos de tal forma que los segmentos puedan leerlos. Cuando reciben paquetes del segmento, los traducen y enrutan al gateway

en el otro extremo, donde los paquetes vuelven a traducirse y entregarse al segmento de red en el extremo opuesto.

Introducción

Sistemas de Comunicación Analógica.

En la figura 1. se muestra un diagrama a bloques para dos sistemas de comunicaciones. En cada caso el objetivo es transmitir y recibir información analógica, tal como sonido o imágenes. En el primer caso se muestra un sistema "Baseband", se le conoce así porque la señal transmitida tiene el mismo espectro de frecuencias que la señal base del transductor. Este espectro no tiene que ser recorrido a una frecuencia más alta, debido a una modulación. El procesamiento de la señal dentro del transmisor puede incluir amplificación, filtrado, acoplamiento de impedancias.

En el segundo caso se muestra un sistema de comunicación "Analógico" el cual usa Modulación y Demodulación. La modulación es utilizada para efectuar un corrimiento del espectro de la frecuencia de la señal para ser transmitida en un canal y con esto evitar posibles interferencias si el canal está siendo compartido para la comunicación.

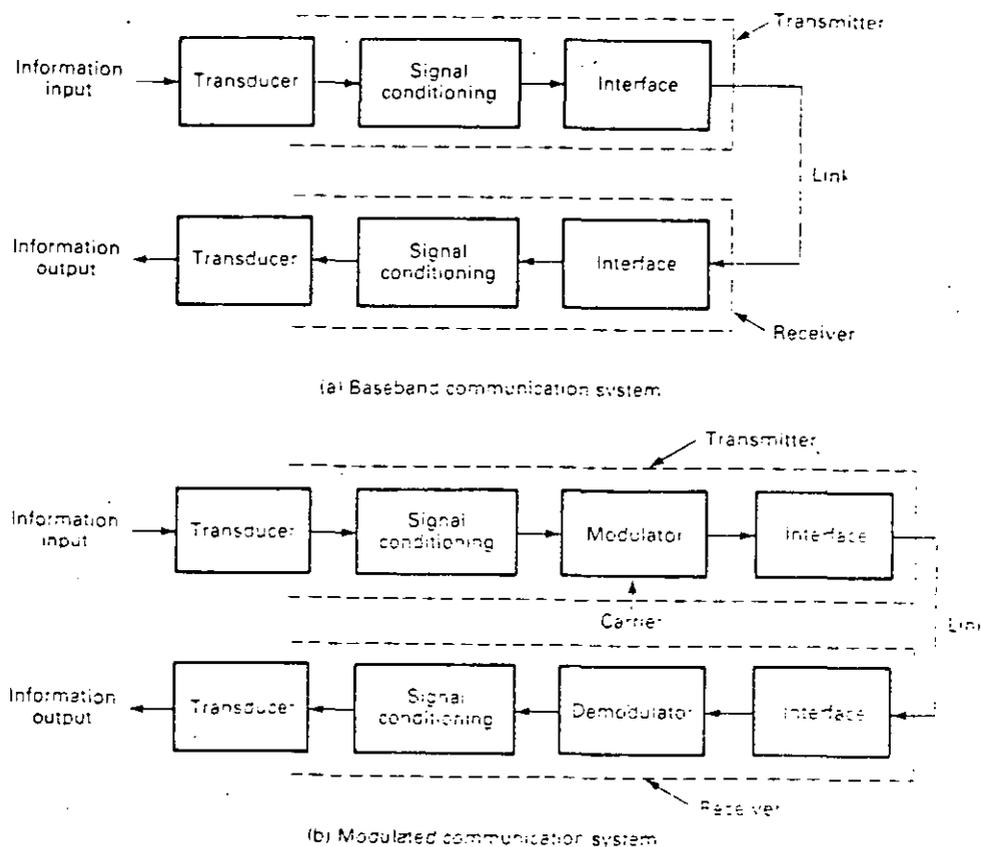


Figura 1. Sistema de Comunicación Analógica

~~Los sistemas de comunicación se clasifican como Simplex, Half-Duplex y Full-Duplex. Simplex describe un sistema que provee comunicación sólo en una dirección. Cuando la comunicación toma lugar en ambas direcciones simultáneamente, el sistema se le conoce como Full-Duplex. Un sistema en que la comunicación es en cualquier dirección, pero no en ambas direcciones al mismo tiempo es llamado Half-Duplex.~~

Características de una Señal y el Canal.

Nivel y Atenuación.- El nivel de la señal o intensidad, es usualmente expresada en términos de voltaje e impedancia, o potencia por ejemplo: 100 mV a 75 ohms = 0.133 mW.

La relación de la potencia de dos señales, en la descripción de la ganancia o factores de atenuación, es más convenientemente expresada por el logaritmo de la unidad decibel (db).

$$\text{Relación Señal} = 10 \log (P2/P1) \text{ db.}$$

Ancho de Banda.- El ancho de banda de una señal se refiere al rango de frecuencias que contienen mayor potencia. El ancho de banda de un canal de comunicación se refiere al rango de frecuencias sobre el cual la atenuación o ganancia permanece dentro de los pocos decibeles de atenuación del valor de la banda media.

Relación Señal a Ruido.- La relación S/N es parámetro de la calidad de la señal; está expresada como la la cantidad de la potencia de la señal que excede a la potencia del ruido, en decibeles.

Multiplexaje.

El multiplexaje es el proceso que permite compartir un "link" de comunicación por dos o mas señales teniendo la habilidad de separar las señales al final de la recepción.

Existen dos aprovechamientos básicos en el multiplexaje de señales: Las señales pueden ocupar una frecuencia única dentro del ancho de banda del "link", conocido como (FDM), o también pueden ocupar un instante de tiempo, conocido como multiplexaje por división de tiempo (TDM).

Multiplexaje por división de frecuencia.

La figura 2. muestra el FDM de tres canales analógicos, o señales. La frecuencia para cada modulador es elegida para localizar únicamente la señal modulada dentro del espectro disponible y proporcionar una separación entre canales. La señal puede ser separada, o demultiplexada utilizando filtros a la entrada de cada receptor.

El ancho de banda debe ser lo suficientemente grande para que

puedan ser incluidas los anchos de banda de las señales moduladas (incluyendo las bandas laterales) y permitir de esta manera la separación entre frecuencias.

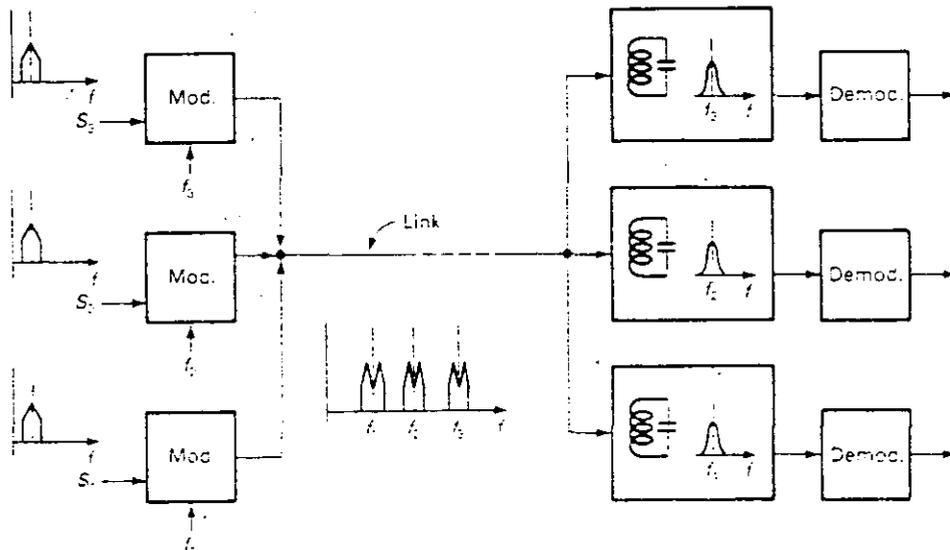


Figura 2. Multiplexaje por División de Frecuencias.

Multiplexaje por división de tiempo.

El concepto de TDM se ilustra en la figura 3. El interruptor es utilizado para conectar cada señal secuencialmente al "link" por la duración de un periodo de tiempo. El interruptor del demultiplexor debe estar sincronizado con el del multiplexor, para que la señal sea separada correctamente. La porción de cada señal se pierde mientras el link es conectado a otra señal. Si la rotación del interruptor es lo suficientemente rápida, este intervalo en cada señal será relativamente corto y el receptor lo completará satisfactoriamente. La reconstrucción satisfactoria del receptor, para cada señal se realiza por la frecuencia de muestreo de cada señal la cual debe tener una relación de muestreo de por lo menos dos veces la frecuencia más alta contenida en la señal de entrada.

10

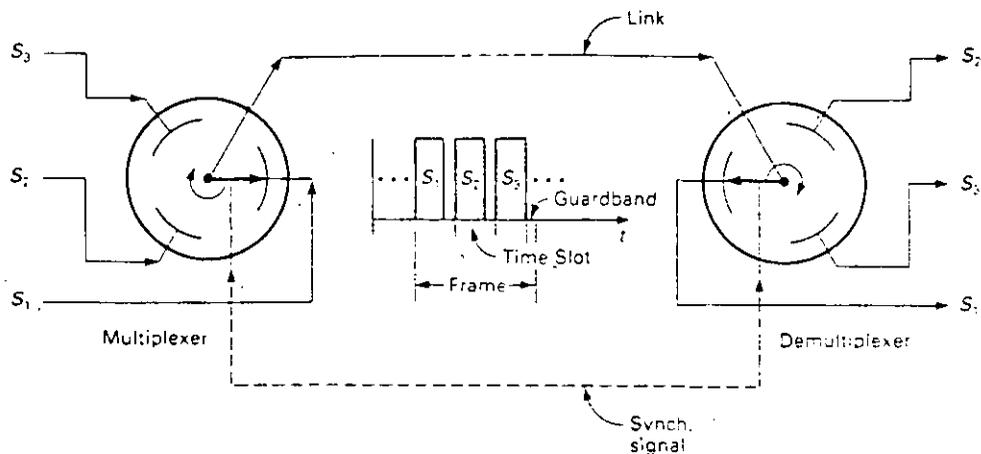


Figura 3. Multiplexaje por División de Tiempo.

Comunicación de Datos.

La comunicación de datos se refiere a la transmisión de secuencias de códigos binarios. Los códigos son producidos, almacenados y procesados por una computadora y sus equipos periféricos. Estos pueden ser mensajes codificados, o archivos de texto, graficas, datos numéricos entre otros.

Los "links" usados para las comunicaciones de datos son digitales- estos es, la señal puede tomar únicamente un número limitado de estados discretos- frecuentemente uno de dos estados representados por 1 o 0. El conjunto de elementos de datos para textos, graficas o control industrial, usa códigos binarios. Un código binario de n -bits puede únicamente representar 2 a la n elementos. El conjunto para representar letras del alfabeto y números son llamados códigos alfanuméricos. El más popular código alfanumérico es el código ASCII de 7-bits. presentado en la tabla 1. El código ASCII tiene 2 a la 7= 128 combinaciones y contiene el código para letras mayúsculas, letras minúsculas, números del 0 al 9, caracteres de puntuación y varios caracteres de control.

TABLE 1.1 7-BIT ASCII CODES

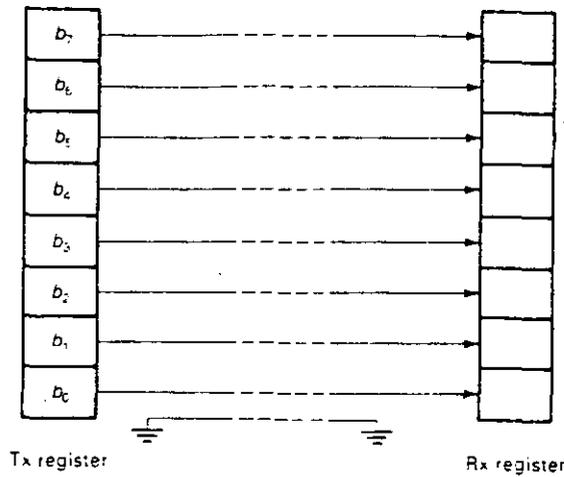
Hex Low	Hex High 0	1	2	3	4	5	6	7
0	NUL	DLE	SP	0	n	P		p
1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
8	BS	CAN	(8	H	X	h	x
9	HT	EM	,	9	I	Y	i	y
A	LF	SS	.	:	J	Z	j	z
B	VT	ESC	-	;	K	[k	{
C	FF	FS	<	=	L	\	l	
D	CR	GS	=	~	M]	m	~
E	SO	RS	>	?	N	^	n	~
F	SI	US	?	?	O	_	o	DEL

Note: The code is the least significant 7 bits of the two-digit hexadecimal number.

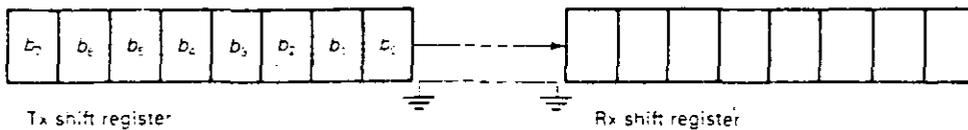
Tabla 1. Código ASCII de 7 Bits.

Transmisión Serie versus Paralela.

Un código de un caracter puede ser enviado en paralelo, por lo tanto todos los bits del código son transmitidos sobre líneas separadas simultáneamente, o enviado serialmente, donde los bits son transmitidos en un tiempo, en una secuencia sobre una línea. la figura 4. compara los dos metodos.



(a) Parallel



(b) Serial

Figura 4. Transmisión Paralela y Serie.

37

La transmisión en paralelo es mucho más costosa que la serial, debido a que varias líneas de transmisión son necesitadas, pero es inherentemente mucho más rápida porque varios bits son enviados al mismo tiempo. La transmisión en paralelo es más práctica cuando el receptor está cercano al transmisor- frecuentemente en la misma habitación.

Transmisión Síncrona versus Asíncrona.

Transmisión Síncrona, como el término sugiere, significa que el receptor translada los bits de un carácter en sincronía con el transmisor. De tal forma que la transmisión es realizada por medio de un reloj de entrada en ambos registro de corrimiento, dicho reloj se encuentra en el transmisor como se muestra en la figura 5. Una vez que la sincronización del receptor se ha estabilizado, una larga secuencia de caracteres puede ser enviada a una velocidad alta, la cual está limitada únicamente por el ancho de banda del "link".

La desventaja de la transmisión síncrona radica en la necesidad de enviar la señal de reloj en paralelo con el dato, lo cual requiere de un segundo canal de transmisión. En grandes distancias, donde no es posible tener un canal separado de la información, los receptores síncronos están equipados con un circuito especial phase-locked loop (PLL), el cual extrae la información de tiempo de la misma cadena de datos. Usualmente unos cuantos caracteres especiales son enviados antes del bloque de datos para que el receptor realice la sincronización; el carácter ASCII SYNC es frecuentemente utilizado para este propósito.

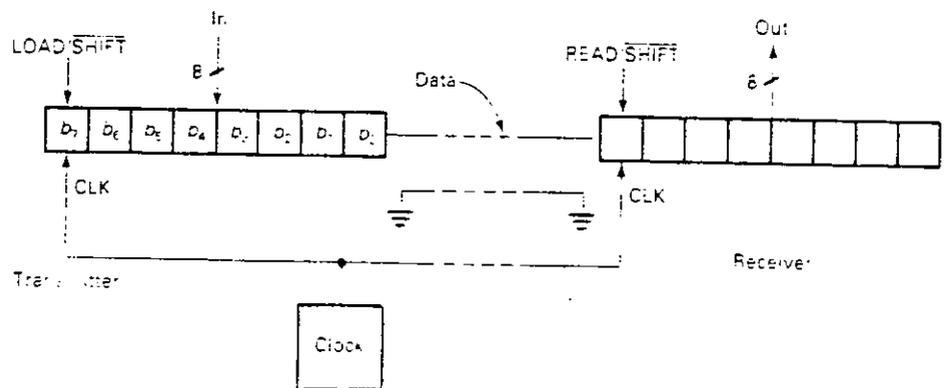


Figura 5. Transmisión Serie Síncrona.

Transmisión Asíncrona.

Esta no requiere continuamente de una señal de sincronización desde el transmisor al receptor. Los caracteres son sincronizados separadamente y pueden ser enviados con periodos desocupados de duración aleatoria entre ellos. En la figura 6, los bits de datos de cada caracter son precedidos por un bit de inicio, el cual es detectado por el receptor y este dispara el reloj de corrimiento del receptor. La frecuencia nominal del reloj del receptor y del transmisor es la misma y está determinada por la relación de bits que están siendo usados. Debido a que la frecuencia de los dos relojes es muy cercana, el receptor permanece lo suficientemente en fase con los bits de datos para la duración de un caracter, y la resincronización toma lugar al inicio de cada caracter. Uno o dos caracteres de paro son insertados después de los bits de datos de cada caracter lo cual permite un tiempo mínimo entre caracteres.

Debido a que los bits de inicio y paro deben ser sumados a cada caracter para la transmisión, la transmisión asíncrona es generalmente más lenta que la transmisión síncrona, pero resulta menos costosa. Los rangos para la transmisión asíncrona son 75, 110, 300 y 1200 bits/s. Los rangos para la transmisión síncrona son 2400, 4800 y 9600 bits/s.

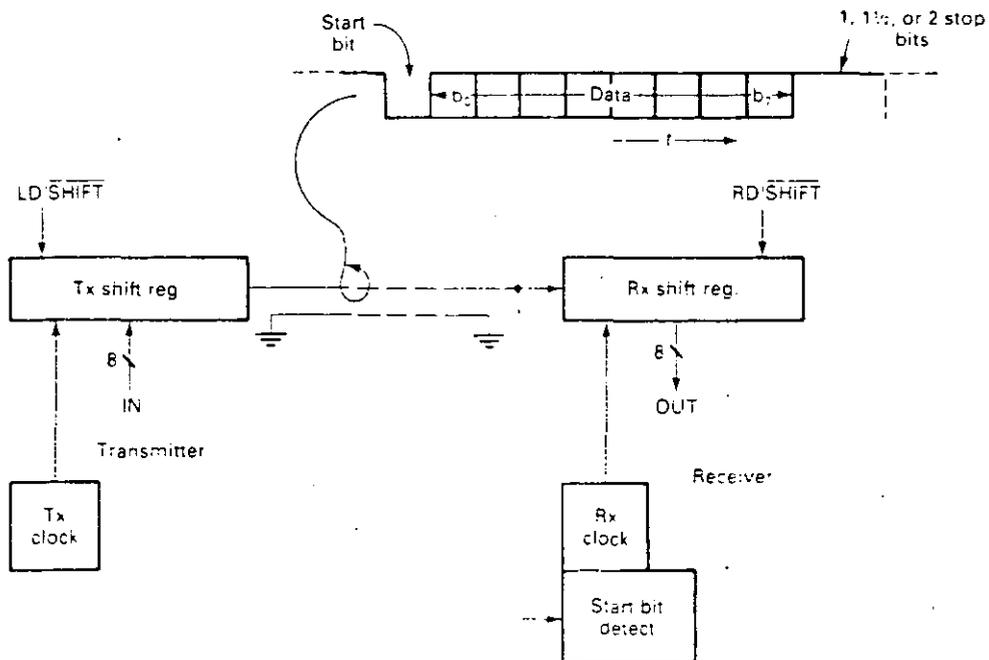


Figura 6. Transmisión Asíncrona.

Hardware de Comunicación de Datos.

La figura 7. muestra un arreglo típico de equipo para la comunicación de datos. Dos links locales son incluidos: entre el CPU A y el teletipo, entre el CPU A y la terminal de video. Un link telefónico es también incluido para la comunicación del CPU A y el CPU B, usando modems. En este caso todos los son seriales asíncronos.

El UART, o transmisor receptor asíncrono, es frecuentemente un circuito integrado (LSI CMOS o NMOS). Este realiza la conversión paralelo-serie y serie-paralelo entre el bus paralelo del CPU y el puerto serial. El UART también incluye lógica para sumar y quitar los bits de inicio y paro de cada caracter.

El Modem convierte los datos digitales a ondas senoidales de audio, o tonos, los cuales son más deseables para la transmisión sobre una red telefónica. La porción del modem receptor, demodula los tonos para recuperar el dato recibido, y la sección del modem transmisor modula los tonos. Típicamente, dos tonos de igual amplitud pero diferente frecuencia son usados para cada dirección: uno para enviar un 1 lógico y otro para enviar un 0 lógico (FSK).

Los links de comunicación local no requieren de modulación. Drivers y amplificadores son usados a la salida de cada puerto para incrementar el nivel de la señal y reducir la impedancia de salida. Esto es necesario para compensar las pérdidas en el cable de comunicación. Varios estandares existen para este tipo de interfases de comunicación.

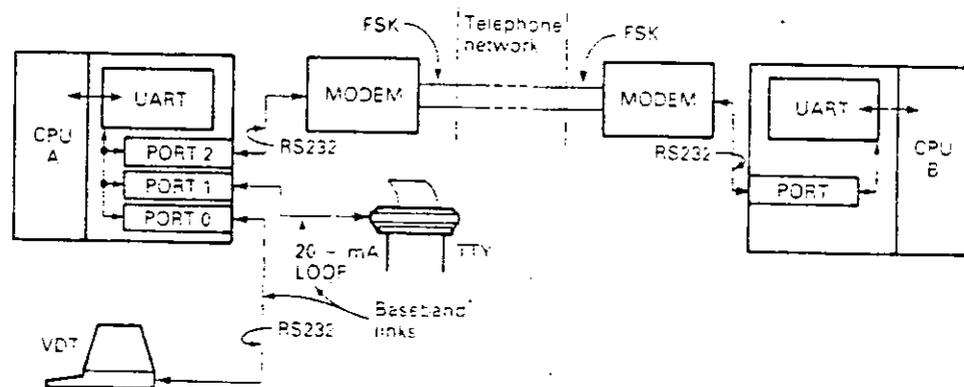


Figura 7. Hardware para la Comunicación de Datos.

36



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

SENALES, CIRCUITOS Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES

REDES DE TELEFONIA

Ing. Ithandehui Mesinas Martínez

TELEFONÍA ANALÓGICA

INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones hacen posible la comunicación eléctrica a distancia. El grueso de la industria en telecomunicaciones está dedicado a la red telefónica. Tradicionalmente la ingeniería de telecomunicaciones se ha dividido en dos partes básicas: transmisión y conmutación. Esta división se hace más obvia en telefonía. La transmisión se ocupa del transporte de una señal eléctrica desde el punto "X" hasta el punto "Y". Por su parte la conmutación se ocupa de conectar "X" con "Y" y no con "Z".

El teléfono común tal y como se conoce hoy en día, es un aparato que se conecta al mundo exterior mediante un par de alambres. Consiste de un microteléfono y su base con un dispositivo de señalización que incluye un disco para marcar y un teclado. El microteléfono contiene dos transductores electroacústicos, el audífono o receptor y el micrófono o transmisor. Contiene también un circuito de efecto local que permite retroalimentar hacia el receptor parte de la energía que se transmite.

TERMINOLOGÍA BÁSICA

Tráfico es un término que cuantifica la utilización. Un abonado usa su teléfono cuando desea hablar con alguien.

La *red* es el medio para interconectar a los abonados. Las conexiones más simples son en malla y en estrella.

Los *centros de conmutación* son los puntos nodales o nodos de la red.

La *red telefónica* se puede considerar como el desarrollo sistemático de la interconexión de medios de transmisión, de tal manera que un usuario se pueda conectar con cualquier otro de la red, el desarrollo de la red estará en función de la economía.

Las líneas telefónicas que conectan un centro de conmutación o central con otro se conocen como *troncales* en Norteamérica y como *enlaces* en Europa. Las líneas telefónicas que conectan a un abonado con su central se conocen como *líneas o circuitos de abonado*. La *concentración* es la razón de líneas a troncales.

Los abonados tienen acceso al resto de la red por medio de la central a la que se encuentran conectados, esta central se conoce como *central local*. Una central local tiene cierta área de servicio y todos los abonados localizados en esa área obtienen su

servicio a través de dicha central.

Uno de los aspectos más importantes en la práctica de la Ingeniería de Telecomunicaciones es la determinación del número de troncales que se requiere en la ruta o conexión entre dos centrales, lo que se conoce como *dimensionamiento* de la ruta. Para poder dimensionar correctamente la ruta se debe tener idea del número de conversaciones que intentarán establecerse al mismo tiempo (*% de utilización*) y la duración promedio de ocupación de la trayectoria por llamada (*tiempo de retención*). Se deberán formular pronósticos adecuados de tráfico en la hora pico.

DIMENSIONAMIENTO

El tráfico telefónico se define como la acumulación de llamadas telefónicas en un grupo de circuitos o troncales considerando tanto su duración como su cantidad, por lo tanto el flujo de tráfico (A):

$$A = CXT$$

Dónde:

C.-Cantidad de llamadas por hora

T.- Es la duración promedio por llamada

De esta fórmula la unidad de tráfico será llamadas-minuto o llamadas-hora.

La unidad preferida de tráfico es el Erlang, nombre dado en honor del matemático danés A. K. Erlang. El erlang es una unidad sin dimensiones. Un erlang de intensidad de tráfico sobre un circuito significa la ocupación continua del circuito.

$$1 \text{ Erlang} = 60 \text{ llamadas-minuto}$$

El grado de servicio expresa la probabilidad de encontrar congestiones durante la hora pico y se expresa con la letra p , y su valor típico es $p=0.01$. Esto significa que en promedio se pierde 1 de cada 100 llamadas.

$$\text{Congestionamiento de llamadas} = \frac{\text{Núm. total de llamadas perdidas}}{\text{Núm. total de llamadas ofrecidas}}$$

Cuando se dimensiona una ruta, lo que se requiere es determinar el número de circuitos de la ruta. Para esto se dispone de varias fórmulas que se basan en la carga de tráfico en la hora pico. La fórmula que más se utiliza en la actualidad fuera de los EEUU es la fórmula B de llamadas pérdidas de Erlang, donde pérdidas significa la probabilidad de bloqueo en el conmutador debido a congestión o al estado de "todas las troncales ocupadas". Esto se expresa como grado de servicio E_B :

$$E_B = \frac{A^n}{n!} / (1 + \frac{A}{1!} + \frac{A^2}{2!} + \dots + \frac{A^n}{n!})$$

Donde:

n = No. de troncales o canales de servicio

A = Promedio de tráfico ofrecido

Las suposiciones utilizadas para utilizar esta fórmula son:

- El tráfico se origina de un número infinito de fuentes.
- Las llamadas perdidas desaparecen del sistema considerando su duración igual a cero.
- El número de troncales es limitado.

CCITT en su recomendación Q:87 ha estandarizado la fórmula B de Erlang.

RED TELEFÓNICA

En el sistema telefónico pueden identificarse 3 tipos de redes:

a) La red de abonado.

Es el conjunto de líneas de abonado conectadas a una central terminal o local. Las comunicaciones telefónicas entre abonados conectados a una misma central emplean solo la red local.

b) La red urbana

Es el conjunto de redes locales, troncales urbanas, troncales tandem y troncales urbanas de larga distancia.

c) La red interurbana

Son las conexiones entre centros de conmutación que pertenecen a ciudades diferentes (troncales interurbanas). Esta red se emplea para las comunicaciones de larga distancia.

Requerimientos en un sistema telefónico para un servicio de larga distancia automático:

- Plan de numeración

Que es la asignación de un número telefónico distinto a cada abonado. El número asignado no debe confundirse con ningún otro número de un abonado conectado a la red.

Los números deben tener la misma estructura, deben ser fáciles de utilizar y deben ser compatibles con los arreglos locales y áreas mayores.

- Plan de enrutamiento

Mediante este plan se debe dirigir en forma automática, rápida y económica el tráfico a su destino.

El plan debe incorporar la técnica de enrutamiento alterno en la que se aprovecha la habilidad de los sistemas de conmutación automática de probar con gran rapidez un cierto número de rutas para lograr el enrutamiento automático de las llamadas sobre una o más rutas alternas.

- Plan de señalización

La conmutación automática requiere de un sistema complejo de señales para transmitir información a través de la red de conmutación.

Entre estas señales se encuentran: la información numérica o de selección, información de cobro y de supervisión, datos de control, etc. Se debe diseñar a estas señales para que actúen y sean reconocidas por los sistemas de conmutación y transmisión empleados, además, se deben transmitir en forma precisa y rápida sobre diferentes medios de transmisión.

Hay varias clasificaciones para la señalización:

General

- a) Señalización de abonado
- b) Señalización entre centrales

Funcional

- a) Audiovisual
- b) De supervisión
- c) Señalización de destino

- Plan de transmisión

Mediante este plan se hace la elección adecuada de los medios de transmisión para que las señales que se transmiten por ellos se mantengan lo más cerca de los objetivos de diseño.

Uno de los factores más importantes que afectan el funcionamiento de una transmisión telefónica es la atenuación que sufre el nivel de los sonidos hasta el oído del abonado receptor, comparado con el nivel que presentan al ser emitidos por el abonado transmisor.

El método acordado internacionalmente para medir la atenuación emplea lo que se conoce como el NOSFER (Nuevo sistema fundamental para la Determinación de Equivalentes de referencia). De acuerdo al NOSFER un equivalente de referencia es la máxima atenuación permitida entre un micrófono en un extremo y el audífono en otro

de una comunicación de larga distancia nacional, esto representa el estándar mínimo de funcionamiento.

El equivalente de referencia recomendado por el CCITT para un sistema de larga distancia nacional que puede formar parte de un sistema internacional es de 33 db.

Uno de los objetivos que se persigue en el plan de transmisión es distribuir adecuadamente el equivalente de referencia en una comunicación de larga distancia nacional o internacional. Por razones económicas es conveniente que la mayor parte posible de atenuación se asigne a las líneas de abonado, pasivas, de modo que su costo pueda mantenerse a un mínimo. La mínima parte posible de la transmisión debe localizarse en circuitos activos a 4 hilos que constituyen la parte de larga distancia de la conexión.

NOMBRES DE LOS CENTROS DE CONMUTACIÓN EN LOS DIFERENTES NIVELES DE UNA RED TELEFÓNICA

Nombre internacional(CCITT)	México
Central local	Oficina terminal
Centro primario	Centro de zona
1er. nivel de conmutación troncal interurbana	
Centro secundario o de zona	Centro de área.
Centro terciario o de distrito	Centro regional
Centro cuaternario o de región	No se requiere
Central tandem	Central tandem

COMPARACIÓN ENTRE LA TRANSMISIÓN DIGITAL Y LA ANALÓGICA

En términos generales el ruido no se acumula en los repetidores y, por lo tanto, es una consideración secundaria en el diseño del sistema mientras que es la consideración principal en los sistemas analógicos.

El formato digital se adapta por sí mismo de manera ideal a la tecnología de estado sólido, particularmente a los circuitos integrados. La mayor parte de la información que se transmite en una red portadora común es de naturaleza analógica, ahora el objetivo es convertir esta señal en digital que se pueda transmitir eléctricamente. Para esto se utilizan comúnmente dos métodos diferentes de modulación.

La modulación por codificación de pulsos (MCP) la cual se usa para la transmisión de comunicaciones con portadora común y la modulación delta, la cual tiene gran aplicación en las comunicaciones militares.

TELEFONÍA CELULAR

OBJETIVO:

Dar las características generales de un sistema de telefonía celular. Especificar los principales parámetros que influyen en el diseño y en la calidad de servicio del sistema.

TELEFONIA CELULAR

INTRODUCCION

El teléfono móvil convencional pone un límite en el número de suscriptores debido a:

- a) El número de canales disponibles
- b) El reuso de esos canales

También sufre de unas limitaciones fundamentales en rendimiento y en facilidades, la transmisión de la voz se distorsiona y la cobertura o alcance del sistema es muy pobre debido a la interferencia de otros sistemas y a la debilidad de la intensidad de campo en algunas áreas.

El servicio tradicional de radio teléfono móvil intenta ofrecer cobertura de campo con el uso de transmisores muy potentes y antenas altas.

En un área de pocos edificios altos y que el terreno natural sea plano es posible que exista una cobertura de campo de 25 a 40 km de radio, sin embargo después de esta zona se necesita otra zona llamada de protección para poder usar la misma frecuencia otra vez. Esta zona de protección es para prevenir interferencias y puede llegar a ser 25 veces más grande que la cobertura de campo normal. Debido a que el número de canales es limitado, y el número máximo de suscriptores también es limitado.

Por ejemplo un sistema de radio teléfono típico está limitado a 10 000 suscriptores aproximadamente. En áreas urbanas y en regiones montañosas este tipo de cobertura sufre de áreas muertas y problemas asociados con reflexiones de edificios con la consecuencia de una degradación del servicio.

Resolviendo el problema de cobertura en un área urbana grande donde la cobertura total también es requerida en los alrededores, se necesitan varios transmisores para proveer al área de suficiente intensidad de señal. Estos transmisores deben estar sincronizados uno con el otro para evitar la cancelación de la señal.

Desde que se inicio el servicio de radio telefonía, se han venido usando diferentes espectros de frecuencia como se muestra a continuación:

2 MHz en 1921

30 MHz en 1940
150 MHz en 1946
450 MHz en 1956
800 MHz en 1970

Esto ha sido propiciado por el hecho de que las bandas de frecuencia asignadas para estos espectros para el uso de la radio telefonía móvil, se han saturado, siendo este el principal obstáculo para la expansión del servicio.

Por esto y considerando que las frecuencias son recursos no renovables, los laboratorios Bell en los EEUUm concibieron la idea en 1958 de crear un sistema de alta capacidad, capaz de reusar las frecuencias asignadas para el servicio de telefonía móvil.

Fué en 1970 cuando se dieron los primeros pasos para la fabricación de este tipo de sistema, presentando los laboratorios Bell un reporte técnico indicando con cierto detalle, las características técnicas que debía de cubrir un sistema celular. En 1977 entró en operación el primer sistemacelular con carácter experimental en Chicago y con el alto desarrollo tecnológico de los últimos años en el área de conmutación digital y centrales controladas por programa almacenado (SPC), a la fecha se han desarrollado diferentes sistemas celulares y varios de ellos se encuentran en operación en diferentes partes del mundo.

El concepto de radio telefonía móvil celular consiste en dividir una gran área de servicio en pequeñas áreas que son atendidas con transmisores de baja potencia, lo que permite que a una distancia suficiente, se puede usar las mismas frecuencias de tal manera que no se tengan interferencias que pudieran ser detectadas por el usuario. Aunque el reuso de frecuencias ha sido empleado en la radiodifusión y mayormente en otros servicios de radio desde hace tiempo, la idea de reutilizar las frecuencias en el servicio de los abonados telefónicos móviles en una escala geográfica limitada, insinuó el concepto celular.

En lugar de cubrir completamente un área local con un solo sitio transmisor con alta potencia y en una gran elevación, en el sistema celular se pueden distribuir transmisores y receptores de potencia moderada a través de toda el área de cobertura. Cada uno de los sitios o estaciones base, cubriría primero las partes cercanas con lo cuál se formaría la célula.

Una célula es entonces el área en la cuál se puede realizar una llamada utilizando el mismo canal de radio. Al principio el espaciamiento entre sistios no necesariamente debe de ser regular y las células no necesitan tener una forma particular. Las células vecinas deberán dar servicio por distintos conjuntos de frecuencias para evitar problemas de interferencia. Únicamente las células suficientemente alejadas, pueden usar el mismo conjunto de canales (frecuencias).

RED DE SERVICIO MÓVIL TERRESTRE PÚBLICO

La red de servicio móvil terrestre público (PLMN) consiste en centros de conmutación de los servicios móviles, MSC (Mobile Switching Conmutation) o MTSO (Mobile Telephone Switching Office), las estaciones de base (RBS) y estaciones móviles (MS). (Fig. 1)

El MSC constituye la interfaz a la red de conmutación telefónica pública (PSTN o RTPC), esta conexión puede hacerse a nivel local de tránsito nacional o internacional. Las estaciones de base se conectan al centro de conmutación utilizando líneas tetrafilares digitales o analógicas. Un sitio de estación de base puede servir a más de una celda.

OPERACION DE LAS CELDAS

Cuando una llamada se está operando y el vehículo se mueve de una celda A a una celda B esto hace que la llamada se re canalice a la estación B y se cambie el móvil al canal correspondiente. Todo esto se hace con una mínima molestia para el usuario.

Los canales disponibles en el sistema están divididos entre grupos de celdas. Estos grupos pueden ser repetidos para permitir el uso de las frecuencias. De esta manera las frecuencias pueden ser reusadas en cada grupo sintener problemas de interferencia ya que las frecuencias que se repitan estarán por lo menos 2 células aparte.

Los grupos tienen que ser escogidos para que ensamblen y normalmente están arreglados en grupos de 4, 7, 12 y 21 para asegurar un patrón de cobertura regular. Cada celda tiene su propia estación de radio base con un traslape en el área adyacente para asegurar la cobertura total particularmente cuando un móvil se cambia de una celda a otra.

En cada celda la estación radio base está conectada al MTSO (Oficina de interrupción de teléfono móvil) vía líneas convencionales o redes de microondas. La MTSO controla y supervisa la conexión de usuarios móviles o a la red telefónica pública (RTPC).

En la figura se muestra un patrón de repetición de 7 células. Las letras dentro de cada célula representan diferentes conjuntos de frecuencias. El número después de la letra inicial de cada célula al cual pertenece dicha célula.

El radio de una célula en particular está indicado por la letra R, la letra D es utilizada para definir la distancia entre los centros de dos células que usan el mismo conjunto de frecuencias. La razón D/R es el parámetro importante en el arreglo celular y se define como:

$$D/R = 3N$$

Dónde:

N.- Es el número de células que incluye el patrón de repetición.

Otros parámetros importantes son: la tolerancia en la posición del sitio celular, el tamaño máximo y el mínimo de la célula, etc.

TIPOS DE CANALES

Cada estación de radio base provee de 2 tipos de canales de radio: un canal duplex de control para transferir información cuando una llamada se esta procesando y un canal duplex de voz para transmitir la conversación telefónica.

Existen tres tipos de canales de control dedicados, canales para llamadas de mensaje (page) y los canales de acceso (en algunas circunstancias estos canales pueden estar incorporados en un canal de control sencillo cuando la demanda es mínima).

Al encender el teléfono móvil este rastrea (scan) los canales especializados de control (programados en la memoria del móvil). Se sintoniza en el más fuerte y trata de recibir información en forma de mensaje digital que viene en ese canal.

Esta información le dirá al móvil que canales están siendo usados para mensajes en esa área en particular, y entonces el móvil intentará localizar un canal de mensajes de control (paging channel). Cuando tiene éxito recibe información del canal de mensajes acerca del área de tráfico en la cual está, y otra cantidad de parámetros acerca de la red. Entonces se irá a modo escucha y permanecerá monitoreando los mensajes en ese canal.

DESIGNACIÓN DE CANALES

En EEUU el sistema AMPS fué originalmente diseñado alrededor de 666 canales en las bandas de 825 - 845 MHz y 870-890 MHz. Con una separación entre canales de 30KHz, 21 canales están reservados como canales de control. Estos canales están divididos igualmente entre 2 operadores, un sistema alámbrico y un sistema inalámbrico, consecuentemente hay 2 grupos de 21 canales para transferencia de señales

(signalling) uno en cada operador del sistema.

El manejo de una llamada requiere de un número de mensajes digitales que serán enviados vía el canal de control y de voz y se pueden desglosar en los siguientes modos:

- 1.- Registro
- 2.- Escucha del móvil.
- 3.- Inicio de la llamada.
- 4.- Recepción de la llamada.
- 5.- Entrega a otra estación A-B
- 6.- Terminar la llamada.

1.-REGISTRO

Cada móvil tiene identidad única y tiene un área de tráfico, llamada de casa (Abonados HOME). Esto permite que mensajes puedan ser enviados a los móviles vía los canales de control en el área de tráfico de casa.

Cuando el teléfono móvil se mueve de un área a otra un mensaje es enviado por el móvil al MTSO para actualizar su posición. Todos los mensajes entonces serán dirigidos a la nueva área de tráfico.

2.- ESCUCHA DEL MÓVIL.

Después de activar el teléfono móvil revisa los 21 canales dedicados al control para obtener información en los canales locales de mensajes. Entonces sintoniza un canal de mensajes y se va al modo idle monitoreando la información que está siendo transmitida. Si el nivel de la señal se baja como resultado del móvil trasladándose, el móvil vuelve a revisar otro canal de mensaje que este disponible.

3.- INICIACION DE LLAMADA DEL MÓVIL.

Cuando un móvil desea hacer una llamada el número requerido se introduce al móvil vía el tablero de control y este es enviado tan pronto como el botón de SEND es oprimido. El móvil intenta acceder el sistema primero rastreando los canales de acceso (estos son encontrados de la información en los canales de mensaje).

Una vez que el canal es localizado el móvil transmite su requerimiento para hacer la llamada y espera la respuesta en el canal de acceso en el cual se le informará en cual canal se llevará a cabo la llamada.

El móvil resintoniza a este canal de transmisión de voz y tan pronto se establezca la transmisión el canal esta disponible para transmitir la conversación.

4.- RECEPCION DE LLAMADA EN EL MÓVIL.

Antes de que una llamada sea recibida, una llamada de mensaje es transmitida por todas las estaciones base en el área de tráfico actual del móvil. Al recibir el mensaje el móvil se cambia a un canal de acceso en donde se le asigna un canal para la voz, el móvil entonces se cambia a ese canal y la conexión esta hecha.

En este momento la estación base envía un mensaje de alerta al móvil y este a su vez se lo transfiere al usuario por medio de la campana.

5.- TRANSFERENCIA DE LLAMADA A OTRA CELDA.

Cuando un canal de voz esta en uso, la estación base continuamente escudriña el nivel de señal. Si este nivel cae abajo de un umbral dado entonces la estación base le avisa al MTSO que se va a necesitar una transferencia.

El MTSO le pide a todas las demás estaciones base en el área que rastreen la intensidad de la señal del móvil esto lo hace con un equipo especial de medición. Si otra de las estaciones recibe más intensidad de la señal entonces el MTSO se prepara para una transferencia.

La estación alterna se prepara con un canal de voz en paralelo con el canal existente. Cuando esta nueva trayectoria para la voz se encuentra lista el MTSO dirige al móvil a cambiarse al nuevo canal y es entonces cuando la transferencia es completa.

CALIDAD DE SERVICIO

Hay 3 parámetros importantes que definen la calidad de servicio en un sistema celular.

1.- COBERTURA

El sistema dará servicio en un área tan grande como sea posible. Sin embargo los sistemas usualmente llegan a cubrir el 90% del área para el que fueron diseñados en terreno plano y el 75% en un área con suelo accidentado.

2.- GRADO DE SERVICIO REQUERIDO

Para un sistema el grado de servicio es especificado por una probabilidad de bloques de 0.02 para llamada en horas pico. Esto es un valor promedio, sin embargo la probabilidad de bloqueo de cada sitio celular será diferente. En horas pico, cerca de ejes viales cuando el tráfico automotriz es usualmente pesado, tanto que la probabilidad de bloqueo puede ser más alta del 2%.

Para decrementar la probabilidad de bloqueo se requiere de una planeación adecuada para el sistema y un número de canales de radio suficientes.

3.- No. DE LLAMADAS NO EXITOSAS.

Durante Q llamadas en 1 hr. si una llamada es no exitosa, la razón de una llamada no exitosa será $1/Q$. Esta proporción debe ser tan baja como sea posible.

Un porcentaje alto de este parámetro debe ser causado por problemas en la cobertura o problemas de handoff relacionadas por una inadecuada disponibilidad de canal.

En la Ciudad de México la banda 450-470 MHz se encuentra saturada para el servicio de radio telefonía móvil, presentandose la posibilidad de seguir creciendo con sistemas convencionales en la banda 470-512 MHz o bien expandir el servicio con sistemas celulares operando en la banda de los 800-900 MHz.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

- Es posible un número ilimitado de suscriptores.
- Llamadas de excelente calidad particularmente para las áreas urbanas.
- Transferencia de llamadas.

Las siguientes características podrán ser disponibles:

- Transferencia de información de y hacia los vehículos.
- Codificación de información para dar facilidades a la privacidad.
- El sistema de teleconferencias permite llamadas combinadas de 3as. personas.
- Sistema de manejo de mensajes.

Económicamente un sistema celular resulta mucho más costoso que un sistema convencional, por lo que se requiere definir bajo que condiciones puede resultar rentable y conveniente la inversión que conlleva.

ESTRUCTURAS Y ARREGLOS DE SISTEMAS CELULARES

Existen 3 posibles métodos para el reuso de frecuencias:

- a) Patrón de 12 células con antenas omnidireccionales.
- b) Patrón de 7 células con antenas direccionales de 120 .
- c) Patrón de 4 células con antenas direccionales de 60 .

Patron celular	OMNI	7 CÉLULAS 21 Sectores	4 CÉLULAS 24 Sectores
Número de canales de voz por célula	26	45	78
Número de abonados por célula	805	1227	2040
Número de suscriptores por canal*	30.76	27.27	26.15

*Se considera un grador de servicio de 410.05 y un tráfico por unidad móvil de 440 Erlang

Patron celular	OMNI	7 CÉLULAS Antena 120	4 CÉLULAS Antena 60
Radio de la célula en Km	6.4	6.4	2.4
Cantidad en células	40	40	30
Cantidad de sectores celulares	40	120	180
Canales/sector celular	40	120	180
Factor de reuso	3.3	5.7	7.5
Total de canales disponibles	1040	1809	2340
Abonados/canales de voz	30.96	27.27	26.15
Total de abonados	32.170	49.086	41.191

CONCLUSIONES:

Como se observó el sistema celular ofrece comunicaciones de alta calidad a diferentes tipos de usuarios, sin embargo debido al elevado costo de este servicio, actualmente el tipo de usuario se restringe a aquellos que tienen muy altos ingresos. Se espera una gran demanda en el futuro, lo que propiciaría una rebaja de costos y tarifas de tal manera que este servicio sea accesible a una mayor cantidad de personas.

Este tipo de sistema requiere de equipo mucho más complicado que sus predecesores, para asegurar su funcionamiento correcto.

Para poder llevar a cabo una etapa de planificación, es necesario considerar una serie de factores que influyen en la operación y expansión del sistema a corto, mediano y largo plazo, tales como:

- El patrón celular en las etapas inicial y final.
- La dimensión y el número de células a corto, mediano y largo plazo.
- La cobertura de las células.
- El número de usuarios a servir, etc.

BIBLIOGRAFIA

- Technical Description Autoplex Cellular Telecommunication Systems.
ATT 1983.
- Sistema de Telefonía Móvil Celular
Ericsson Radio Systems.
- Mobile Cellular Telecommunications Systems
William C. Y. Lee
Ed. Mc Graw Hill International Editions.



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

SEÑALES Y CIRCUITOS Y SISTEMAS DE COMUNICACION

TECNICAS

DE

MODULACION

DEL

ESPECTRO DISPERSO

[SPREAD SPECTRUM]

SISTEMAS DE RADIO

M. EN C. AMANDA GOMEZ GONZALEZ

Ing. MA. DEL ROSARIO BARRAGAN PAZ

OBJETIVOS GENERALES

- Describir el concepto "ESPECTRO DISPERSO" [SPREAD SPECTRUM] realizando un marco teórico, que esté de acuerdo con los lineamientos internacionales, y que en el se incluyan características, aplicaciones, técnicas y tendencias del sistema.
- Implementar procedimientos que permitan la medición de parámetros específicos de emisión y propagación electromagnética para la evaluación técnica y, realizar de esta manera la caracterización de la operación total a equipos con tecnología de "ESPECTRO DISPERSO" [SPREAD SPECTRUM].
- Realizar un anteproyecto de norma para sistemas de radiocomunicación que emplean las técnicas de "ESPECTRO DISPERSO" [SPREAD SPECTRUM] en las bandas de 902-928 MHz, 2450-2483.5 MHz y 5725-5850 MHz.

C O N T E N I D O

- I.- MARCO TEORICO DE LA TECNICA DE MODULACION DE "ESPECTRO DISPERSO" [SPREAD SPECTRUM]
- II.- CARACTERISTICAS DEL SISTEMA "ESPECTRO DISPERSO" [SPREAD SPECTRUM]
- III.- PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA DE LOS DIFERENTES PARAMETROS A EQUIPOS CON TECNOLOGIA ESPECTRO DISPERSO [SPREAD SPECTRUM]
- IV.- ANTEPROYECTO DE NORMALIZACION PARA SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACION QUE EMPLEAN LAS TECNICAS DE ESPECTRO DISPERSO [SPREAD SPECTRUM] EN LAS BANDAS DE 902-928 MHz, 2450-2483.5 MHz Y 5725-5850 MHz.

JUSTIFICACION.

Considerando la importancia y sobretodo el desarrollo que han adquirido las tecnologías de la comunicación, podemos observar que los cambios a los que se han sujetado las tendencias de su desarrollo, están dirigidas ha incrementar la eficiencia, la confiabilidad y la calidad de los mismos. Sin embargo, por muchos años los enlaces de radiofrecuencia se han realizado con dispositivos que tradicionalmente emplean anchos de banda angostos. Esto continuaría siendo funcional si el espectro electromagnético no fuese un recurso finito; considerando esto, se puede observar que es necesario se encuentren alternativas que permitan la optimización del espectro radioeléctrico y, la tecnología que permita lograr esto, es evidente será rápidamente probada y comercializada

La tecnología del Espectro Disperso puede justificarse si se comprende que técnicamente es otro tipo de modulación de radiofrecuencia, (como lo son las señales de radio AM y FM), que fué desarrollada para uso exclusivamente militar por ofrecer una mayor protección a las comunicaciones contra interferencias. Su aplicación puede ser fomentada si por otra parte se observa que varios radios, con esta técnica, pueden compartir la misma banda de frecuencias y pueden convivir con otras sistemas convencionales debido a su nivel de potencia de operación. Estas características hacen del sistema una opción atractiva para su uso en medios donde el espectro de frecuencias está congestionado o donde se requiera privacidad en las comunicaciones.

INTRODUCCION

Es evidente que el uso del espectro electromagnético es un elemento esencial para la infraestructura de las comunicaciones y que actualmente promueve en gran medida el desarrollo económico, social, cultural y científico de cualquier país. Las investigaciones que se realizan dentro del área de las radiocomunicaciones, están encausadas para garantizar una mejor optimización del espectro así como también obtener mayor confiabilidad en los dispositivos que conforman los actuales sistemas. Las tentativas a seguir son precisamente aquellas las que proporcionan alternativas que permitan subsanar los problemas que afronta actualmente la saturación del espectro radioeléctrico.

Las técnicas que en el presente trabajo se describen forman en conjunto una tecnología que permite revertir la actual situación del espectro en la medida que se sepa organizar el empleo de la misma. El espectro ampliado básicamente es un sistema de transmisión, como las convencionalmente existentes pero con la diferencia de que la energía media de la señal transmitida se reparte sobre una anchura de banda mucho mayor que la de la información y es precisamente de este hecho, del cual se deriva el nombre de la tecnología. Este sistema esencialmente intercambia una mayor anchura de banda de transmisión con una densidad espectral más baja, y entre sus cualidades más sobresalientes, están las de permitir un mayor rechazo a las señales interferentes que se ocasionan en la misma banda de frecuencias, también permite la posibilidad de compartir el espectro con sistemas de banda estrecha convencionales debido a la posibilidad de transmitir a una potencia inferior en la banda de paso de los receptores de banda estrecha.

Una descripción más detallada de las técnicas del espectro ampliado se realiza en el capítulo denominado "Marco teórico de las técnicas de modulación del espectro ampliado" en el cual se lleva a cabo una descripción de las variantes más elementales que tiene este sistema, así como también se incluyen conceptos complementarios a las técnicas como lo son los códigos de secuencia pseudoaleatoria y la correlación entre otros.

Considerando que todo equipo debe estar de acuerdo con una reglamentación aplicable respectiva y que por lo tanto debe cumplir con normas específicas, se han desarrollado procedimientos de prueba para que se puedan llevar a cabo en el laboratorio de radiación y propagación del Instituto Mexicano de Comunicaciones, y de este modo se pueda efectuar la caracterización de la operación a equipo cuyo funcionamiento esté basado en la tecnología que esta en cuestión. Varias mediciones han sido introducidas para la investigación de la calidad en equipos de radiofrecuencia, sin embargo, es obvio que no todas las técnicas de medición son aplicables a cualquier equipo, por ello, se antecede a los procedimientos de prueba, la definición de los parámetros que son susceptibles a medirse en el laboratorio, procurando que las mediciones de estos parámetros proporcionen una orientación completa de la calidad del equipo, en términos de pruebas eléctricas.

Dada la importancia que ha adquirido el espectro disperso, por el impacto que ha provocado en las telecomunicaciones, es conveniente visualizar, una vez que se tiene el concepto y las técnicas bien definidas, la orientación que tienen sus aplicaciones y, sobre todo las tendencias de las mismas, para que se puedan tomar aquellas que sean aplicables y se adecuen a las necesidades del país.

ANTECEDENTES

Podemos considerar al espectro disperso como un tipo de comunicación sofisticado cuyo funcionamiento está basado en la digitalización de una señal y sobretodo en la encriptación de la misma. Cabe señalar que es precisamente en el concepto de la criptología en donde el E.D. fundamenta su origen debido a que ha sido considerado como un decodificador inviolable que garantizaba amplia seguridad en las comunicaciones, protegiendolas contra intercepciones o inteferencias que se pudieran ocasionar o provocar en la banda de frecuencias transmitida. La necesidad de encriptar la información adquirió importancia en la época de la Segunda Guerra Mundial misma que se le considera como el motivo que fomentó la converción de un mensaje de lenguaje ordinario en un sistema criptográfico.

Uno de los primeros lógrros realizados dentro de la criptología fué el teléfono de alta seguridad desarrollado por los laboratorios Bell en Manhattan en el año de 1941. Los teléfonos presentaban caracterísisticas de más alta calidad con respecto a los existentes convencionales, ya que estos estaban equipados con micrófonos de presión dinámica altamente sensibles para responder a frecuencias por debajo de los 200 Hertz, característica que se consideraba importante para las conversaciones de voces bajas.

La instalación de los teléfonos de alta seguridad se realizó en gabinetes antibombas que fuéron construídos de tal manera que contaban con laberintos de oficinas y dormitorios protegidos por gruesas planchas de concreto reforzadas y escondidos secretamente entre pares de calles.

Otro sistema de encriptación se aplicó en las terminales decodificadoras de Washington y Londres, (específicamente dos de una red mundial), se montáron en una tornamesa de fonógrafo de 14 pulgadas de diámetro, delgados discos de vinil negro, los cuáles portában una clave secreta generada de un ruido blanco, que enmascaraba las voces en las conversaciones; después de emplear el disco una sola ocasión estos podían ser destruídos. El disco de cada receptor era idéntico al disco de cada transmisor, y se tenía otro tornamesa disponible para continuar la conversación en el caso de que esta no concluyera en la duración del primer disco.

NO EXISTE EL VERBO
FORMAR CON ESA
V. ACCESORIO (Numb.)

Ambos discos tenían que estar exactamente sincronizados, es decir, tenían que comenzar al mismo tiempo y terminar de igual manera; para lograr esto se diseñó un sistema de embrage que permitía asegurar una velocidad uniforme de manera que la aguja que tocaba el disco no brincara fuera del surco; además se disponía de contadores calibrados en milisegundos, y de cambiadores de fase, lo que permitía adelantar o retrasar la velocidad del disco y de esta manera llevar tanto al transmisor como al receptor a una sincronización exacta.

Cabe señalar que este sistema adquirió importancia debido a que fué diseñado para ser empleado por el Primer Ministro Británico Winston Churchill y el Presidente de los Estados Unidos de Norteamérica Franklin D. Roosevelt, además, fué considerado por los criptoanalistas como el primero absolutamente inviolable.

Posteriormente se continuó con el desarrollo de sistemas similares de encriptación en el mismo año (1941). Se empleó otro sistema (A-3) que era operado por la Compañía Americana de Telegrafía y Telefonía en la ciudad de Nueva York; prácticamente su duración fué muy limitada, debido a que se sopechaba que ya había sido posible interceptarlo por los japoneses, sin embargo, fuéron los alemanes quienes lograron hacerlo con equipo electrónico que automáticamente e instantáneamente interceptaba las conversaciones, grabándolas, transcribiéndolas y traduciéndolas para posteriormente ser enviadas a Adolfo Hitler, de igual manera que a sus oficiales, varias conversaciones importantes fuéron expuestas como las que efectuáran Roosevelt y Churchill así como las de altos oficiales; de hecho el sistema de encriptación A-3 la usó en varias ocasiones Roosevelt para mandar información codificada por radiotelegrafía, y entre otros también se sirvió del circuito de radiotelefonía de un trasatlántico para contactar con diferentes embajadores extranjeros aliados.

La operación del sistema A-3 basaba su funcionamiento en los conceptos de los años 20's, ya que lo que realmente hacía era dividir la banda de frecuencia de la voz en 5 subbandas y se invertía cada una de ellas, de manera que después se alternaba de una subbanda a otra habiendo en cada cambio un tiempo de 20 segundos, realmente esto era una gran ventaja que se tenía sobre los primeros métodos de encriptación, los cuáles poco después de la Primera Guerra Mundial, simplemente invertían las frecuencias de la banda del habla.

No tardaron mucho los Laboratorios Bell en reconocer que el invertir las frecuencias no era lo más apropiado por lo que reconsideraron el empleo de nuevas técnicas, una de ellas consistía en enmascarar u ocultar la voz con ruido, para posteriormente extraer la información aplicando el mismo ruido pero con polaridad opuesta y de ese modo cancelarlo y tener acceso a la información. Sin embargo este método no fué trascendental.

En 1944 otro ingeniero de los Laboratorios Bell, Walter Koenig, estudiando la codificación del habla para su encriptación, señaló algunos de los problemas en el último método mencionado.

"Los pioneros en el estudio de los sistemas secretos", decía, "Nunca dejan de estar asombrados ante la dificultad de codificar el lenguaje lo suficientemente para destruir el espionaje. El oído puede tolerar o incluso ignorar cantidades importantes de ruido, no linealidad, distorción de la frecuencia, componentes de frecuencia estraviadas, superposiciones, y otras formas de interferencia. Por estas razones obtenemos frecuentemente información parcial o inclusive completa de un sistema secreto por una decodificación parcial o imperfecta."

Por consiguiente, una relación alta de S/R (Señal a Ruido) se hizo necesaria para cancelar la presencia del habla, pero esto en el momento hizo difícil recuperar la voz.

Continuando con los estudios de los Laboratorios Bell en los años 40's desarrollaron un [Vocoder] o codificador de voz el cual consistía en un analizador y sintetizador de la palabra, este desarrollo permitía reducir el ancho de banda para la transmisión de la palabra. Posteriormente este sistema tuvo una modificación lo que provocó que se optimizara todavía más este sistema ya que se manejan diferentes niveles en los canales de la información.

Fuéron varios los desarrollos que se lograron en el intento de encriptar la información, y diferentes las ocasiones en las que se hizo muy necesario cambiar los sistemas ya creados, debido a que como ya se ha podido visualizar, ningún método ha sido perfecto.

El creciente uso de la protección en las comunicaciones confidenciales o el uso de los sistemas de encriptación SIGSALY de más anchos de banda de radio, cada día es mayor, tanto, que ha sido necesario llevar los enlaces a un método de transmisión que fundamentalmente es diferente de otros tipos estándar y que actualmente ha ganado un extenso reconocimiento y uso. Este sistema es conocido como el Espectro Disperso.

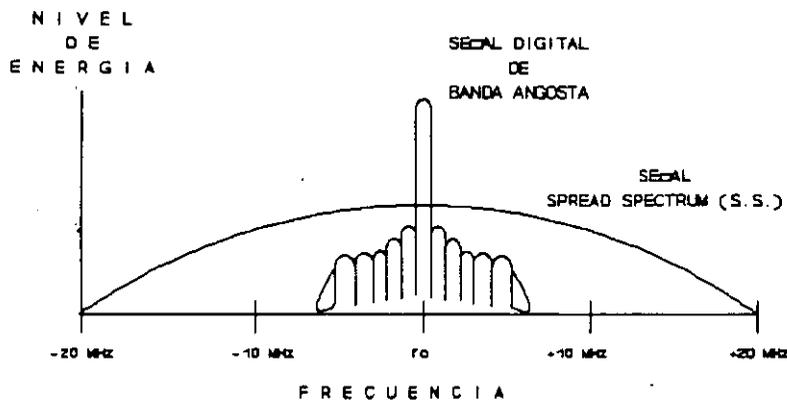
Las formas comunes de señales de radio utilizan una banda relativamente angosta de frecuencia a través de la modulación de una señal portadora de frecuencia única. Su buen resultado en mandar su mensaje depende de características como estabilidad de la señal en frecuencia y potencia pero también sufren inevitables desventajas. EL ruido en la banda de transmisión degrada una señal de radio normal; de este modo la señal se hace vulnerable a interferencia.

En sistemas privados siempre se ha tratado de evitar la facilidad de la detección de la señal ya que esto puede permitir que espías enemigos descubran las señales existentes, y de esta manera, se pueda localizar la dirección hacia la fuente de información e inclusive interceptar la misma. Es importante también considerar que en un espectro electromagnético lleno, cada señal compite con aquellas emanadas o provenientes de otras fuentes transmisoras.

Sin embargo, las leyes de la naturaleza no marcan estrictamente que la radio-transmisión ordinaria sea la única forma de transmitir información; por el hecho de ser la primera creada y la más comunmente usada por ser sencilla. De los años de 1920 a 1940 la idea una diferente clase de transmisión independientemente puso a pensar a los investigadores en diferentes partes del mundo. En una expresión de esta idea, la portadora del radio se controlada por una secuencia usualmente pseudoaleatoria de números o bits. El receptor, el cuál conoce esta secuencia, la usa para reconstruir la portadora original.

Una manera de hacer esto, es mediante un proceso llamado Salto de Frecuencia (Frequency Hopping -- « F.H. »). El transmisor emite sucesivamente en diferentes frecuencias en rápidos bloques cortos en un orden controlado sobre un rango ancho. El receptor conoce este orden, reconoce los bloques sucesivos y los estructura para reconstruir el mensaje original.

Otra forma de transmisión es la conocida como Secuencia Directa "Direct Sequence" y emplea una secuencia pseudoaleatoria de la misma manera que la técnica de salto de frecuencia, la única diferencia de la técnica anterior, es que esta emplea pulsos mucho más cortos que los bits del mensaje que son llamados "Chips". Estos Chips multiplican sucesivamente fracciones de los bits; el resultado es entonces transmitido. En el receptor la señal que va llegando es multiplicada por el chip de secuencia para recuperar los bits originales.



ESPECTRO DE DOS SEÑALES DIGITALES, UNA CORRESPONDIENTE AL SISTEMA CONVENCIONAL DE BANDA ANGOSTA Y OTRA CON ESPECTRO DISPERSO (AMBAS SEÑALES CONTIENEN LA MISMA TAZA DE DATOS Y ESTAN TRANSMITIDAS A LA MISMA POTENCIA).

Debido a que este tipo de transmisión emplea en todas sus formas o técnicas un extenso ancho de banda en el espectro electromagnético; muchas veces mayor que el ancho requerido por la señal de la información original, ha sido llamado "ESPECTRO DISPERSO" (SPREAD SPECTRUM -- < S.S.>). El término ha sido ideado en los años 50's por

los Ingenieros Madison Nicholson y Jhon Raney con la compañía Sylvania Electric Products Inc's Electronic System Division in Buffalo, N.Y., los cuales fueron pioneros en el desarrollo del sistema.

El sistema goza de un gran número de ventajas sobre los sistemas ordinarios de radio-comunicación. Las dos principales características, pudiera decirse que son de carácter militar: su relativamente escasa detectabilidad, la cuál oculta sus transmisiones y su invulnerabilidad a la interceptación de la señal. Las últimas raíces de su ancho de banda natural: una señal interferente, no importa que tan fuerte, en una frecuencia única, o algunas veces una banda de frecuencias, destruirán únicamente una pequeña porción del espectro total usado para transmitir la información. Su escasa posibilidad de detectabilidad, al final, en su forma de secuencia directa deriva de dos hechos: una ordinaria banda angosta de radio fallaría casi toda la transmisión y la transmisión se oiría no como una señal sino como ruido, de igual manera, si el receptor fuere de banda ancha, la señal es tan ancha que pasa desapercibida por estar debajo del nivel de ruido que monitorea el receptor.

Una tercera ventaja surge cuando los canales son ligeramente usados. La tecnología del espectro disperso permite la operación simultánea de muchos transmisores a través del mismo canal ancho con muy poca interferencia. La razón es que distintas secuencias

seudoaleatorias coincidirán muy raramente, de modo que cada transmisor será muy poco susceptible al ruido producido por otros radios. Pero cuando demasiados transmisores son puestos en operación al mismo tiempo el nivel del ruido se incrementa en proporciones intolerables cuando el uso es constante.

La asignación de frecuencias individuales para los usuarios tales como AM o FM trabajan mejor.

La secuencia ya sea de frecuencias, bloques de tiempo o chips, es el elemento crítico en el espectro expandido. Si cualquiera lo conociera, o todos empleáran el mismo orden de secuencia, por ejemplo, subir desde bajas hasta altas frecuencias, la tecnología de E.D. (Espectro Disperso -- «E.D.») perdería sus ventajas. El orden de secuencia para cada radio debe ser diferente, para mantener fuera del alcance de interferencia de algún otro radio, y ese orden de secuencia debe de ser, en aplicaciones militares, un secreto, para prevenir la interceptación pirata de algún enemigo o interferir la transmisión.

Una manera práctica de llevar a cabo estos requisitos es generar una secuencia pseudoaleatoria, una secuencia que puede ser reconstruída pero que sin embargo tiene propiedades de aleatoridad. Cada secuencia esta caracterizada por un algoritmo en el cuál una variable secreta determina la transmisión ordenadamente así como también la recepción de la señal. Si el algoritmo y sus variables son propiamente seleccionadas cada secuencia será diferente de cualquier otra, y será virtualmente impredecible a cualquier persona ajena a la comunicación.

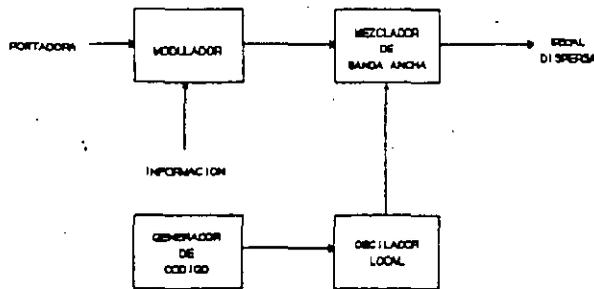
Los algoritmos son frecuentemente incorporados en registros de corrimiento con realimentación. El estado inicial del registro corresponde a la variable; su salida a la secuencia.

La historia del E.E. es compleja, muchas personas diferentes, en distintos tiempos y lugares, independientemente relacionadas o involucradas ellas mismas con los problemas de detección e interferencia y con soluciones a estos problemas. El mismo Marconi, a principios de 1899, se interesó en la interferencia de los radios y experimentó con recepción de frecuencia selectiva para minimizarla.

En 1929 en Polonia un ingeniero joven y un aficionado a la radio Leonard Danilewicz, un director de AVA, un fabricante de equipo eléctrico y de radio propuso ala policia armada un apoyo general a un dispositivo para radiotelegrafUa secreta que, más tarde escribió, "Desafortunadamente no ganó aceptación, ya que se consideró como una idea .barbárica consistente en cambios comnstantes de la frecuencia del transmisor." En Suiza, en los años 30's, un inventor prolífico, Gustavo Guanella, proyectó un sistema de radar que hizo vacilar sus trasnmisiones de frecuencia : en una alta medida entre un límite alto y bajo" y que empleó correlación en el receptor. En Alemania los ingenieros de Telefunken Paul Kotowski y Kurt Dannehl solicitaron en 1935 patentar un dispositivo para ocultar señales de voz debajo de una banda ancha como señal de ruido producida por un generador rodante. Y en los E.E.U.U., Unas estrellas de cine desarrollaron un esquema de frequency hopping.

Las señales que no han sido correlacionadas con el código de ampliación, son ampliadas por la señal de referencia local a su ancho de banda, o más, y un filtro pasobanda suprime sus efectos exceptuando la señal deseada.

ESPECTRO AMPLIADO POR SALTO DE FRECUENCIA

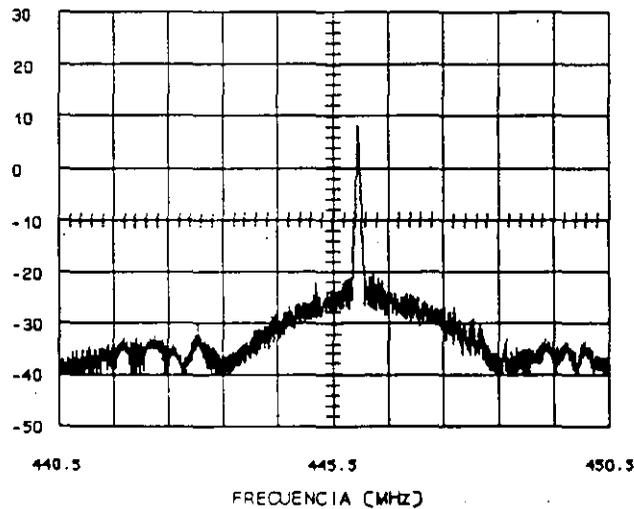


TRANSMISOR.

La técnica de Espectro Ampliado por Salto de Frecuencia es similar a las técnicas de modulación por Secuencia Directa. La diferencia principal radica en el modo de transmisión generado y en el modo en cual la interferencia es rechazada. La siguiente figura muestra un sistema generalizado de espectro ampliado con la técnica Salto de Frecuencia.

De manera análoga al método de Secuencia Directa, la técnica de Salto de Frecuencia emplea un código pseudoaleatorio, tanto en el transmisor como en el receptor, ambos capaces de producir códigos idénticos con la apropiada sincronización.

Como en la técnica anterior, no hay restricción en la elección de la modulación de la información. En el método de Salto de Frecuencia el código secuencial pseudoaleatorio es empleado para conmutar la frecuencia portadora, en lugar de, modular directamente la misma, es decir, se hace variar de manera pseudoaleatoria la frecuencia portadora en incrementos discretos

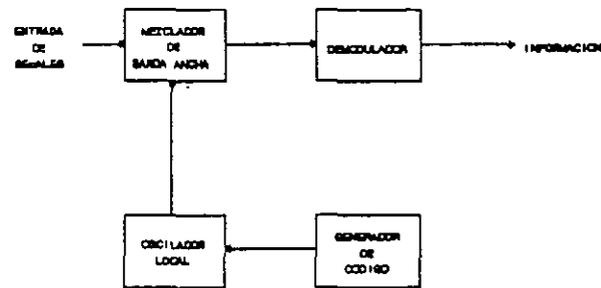


ESPECTRO DE UNA SEÑAL
MODULADA CON LA TÉCNICA DE
SALTO DE FRECUENCIA (F.H.).

dentro de una gama de frecuencias. Visto desde un punto de vista generalizado, se puede considerar al sistema FH como un sistema de modulación por desplazamiento de frecuencia (MDF) en el cual se utiliza un gran número de frecuencias seleccionadas por código para transmitir la información transportada por un conjunto de frecuencias de banda estrecha en un sistema de manipulación por desplazamiento de frecuencia.

En el transmisor FH, el generador de códigos controla el sintetizador de frecuencia u oscilador local que hace variar las frecuencias de una manera pseudoaleatoria. El espectro de salida transmitido de la señal FH es bastante diferente a la señal de espectro ampliado DS, pues el espectro instantáneo de la señal FH se asemeja idealmente a una señal de banda estrecha o de una sola frecuencia. La salida instantánea del generador de saltos de frecuencia puede estar compuesta de bandas laterales y frecuencias no esenciales creadas por un transmisor no ideal. En lo que respecta a la densidad de potencia del espectro medio a largo plazo está ampliada y es aproximadamente igual a la densidad de potencia en la anhuera de banda del sistema de Secuencia Directa.

El receptor FH mezcla la señal de entrada con una señal del oscilador local controlado por un generador de códigos de funcionamiento síncrono. Esto produce una señal deseada de salida constante en la banda de paso FI. La interferencia, cuya banda es estrecha con relación a la anchura de banda FH y que no está sincronizada con el oscilador local de salto de frecuencia, sólo aparece ocasionalmente en la banda de paso de FI. La banda de paso de FI, por tanto, rechaza la potencia de señal no deseada de la misma



RECEPTOR

forma que que en el sistema DS. En el caso de las señales interferentes no deseadas de banda ancha, la banda de paso de FI que efectivamente se desplaza por saltos sólo intercepta una cantidad de interferencia proporcional a la anchura de banda de FI, es la misma para el sistema DS.

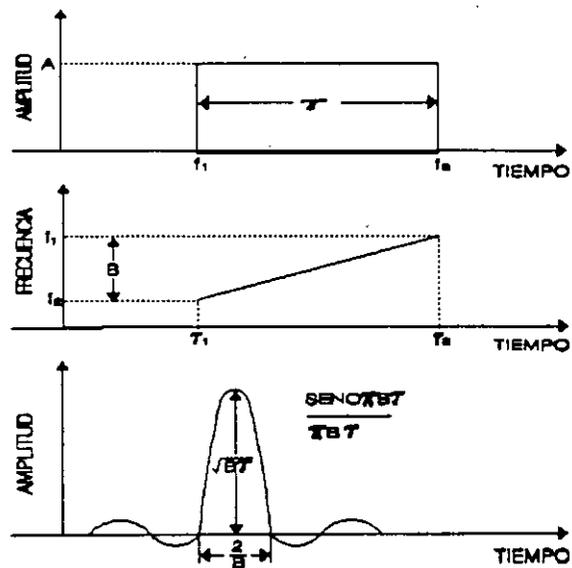
**MODULACION
POR
IMPULSOS DE FRECUENCIAS**

Esta técnica lineal de modulación de la frecuencia fué desarrollada hace algunos años, para mejorar la operación de los sistemas de radar y radiodeterminación por medio de la respuesta de un pulso corto pero con la capacidad de detección de un pulso largo. Un pulso largo transmitido es adecuadamente modulado y el receptor está diseñado para accionar en la modulación para comprimir el pulso en uno mucho más corto. La forma de onda transmitida consta de un pulso rectangular de amplitud constante "A" y duración "τ" como se muestra en la figura. La frecuencia del pulso transmitido es linealmente incrementada de

una frecuencia f_1 a otra f_2 durante el pulso. La

frecuencia de señal modulada pasa a través de un filtro en el receptor a una velocidad de propagación proporcional a la frecuencia. Para este caso, el filtro alista las frecuencias altas en el borde de salida del pulso con relación a relación a las del borde anterior. El resultado es que la energía contenida en el pulso largo original es comprimida en un pulso corto de aproximadamente $1/B$ donde $B = f_1 - f_2$. El pulso

resultante tiene una forma proporcional a $\text{seno}\pi Bt / \pi Bt$, y la potencia instantánea pico del pulso comprimido es aumentado por el factor B veces sobre el pulso largo transmitido. Por lo tanto, a la multiplicación $B \cdot \tau$ se le identifica como un proceso de ganancia. La



ESPECTRO DISPERSO LINEAL FM, O COMPRESION DE PULSO.

- (a) PULSO TRANSMITIDO DE AMPLITUD A Y DURACION τ
- (b) VARIACION LINEAL DE LA FRECUENCIA SOBRE UN ANCHO DE BANDA B DEL PULSO TRANSMITIDO.
- (c) SALIDA DEL FILTRO RECEPTOR.

FRECUENCIA DE OPERACION

De igual manera como ha sucedido con otros sistemas de radiocomunicación, que hacen uso de las frecuencias radioeléctricas, para la explotación de éste sistema se requiere de una banda de frecuencias asignada, es decir, se requiere hacer uso de una parte del espectro radioeléctrico, el cuál debe estar definido por dos límites específicos para poder realizar una emisión previamente autorizada. Este segmento de ancho de banda de operación está a su vez subdividido en canales o bandas de frecuencias, que para este caso son bandas amplias y que practicamente caracterizan y dan nombre al sistema.

Todo equipo que esté diseñado para operar dentro del ancho de banda de frecuencias asignadas con la tecnología E.A. tiene una o varias frecuencias de operación, estas frecuencias prácticamente se les identifica como frecuencias de trabajo en las cuales se realiza la emisión o recepción de una señal.

Una frecuencia radioeléctrica es cualquier frecuencia en la cual la radiación electromagnética es útil para las telecomunicaciones.

Una banda de frecuencias asignadas se define como un rango de frecuencias en el interior de la cuál se autoriza la emisión de una estación determinada.

El ancho de banda se determina por un solo valor y es independiente de la posición de la banda en el espectro de frecuencias. Prácticamente es un rango de frecuencia ocupada por una señal que transporta información que difiera de su valor máximo más allá de lo especificado.

Para hacer uso eficaz del espectro radioeléctrico se establece para cada clase de emisión, las normas que controlan el espectro emitido por una estación transmisora, así como los métodos de medida necesarios para comprobar las características espectrales de la emisión.

Por otra parte para determinar un espectro emitido la anchura óptima debe tenerse en cuenta el conjunto del canal de transmisión así como todas sus condiciones técnicas de funcionamiento, incluidos los demás canales y servicios radioeléctricos que comparten la banda, y, en especial, los fenómenos de propagación.

Las propiedades espectrales de una determinada emisión, o clase de emisión, se especifican con los conceptos que a continuación se citan:

Anchura de banda necesaria.- Para una clase de emisión dada, es aquella con frecuencias estrictamente suficientes para asegurar la transmisión de la información a la velocidad y con la calidad requeridas en condiciones especificadas.

Anchura de banda ocupada.- Es aquella en la que, por debajo de su frecuencia límite inferior y por encima de su frecuencia límite superior, se emitan potencias medias iguales cada una a un porcentaje especificado, $b/2$, de la potencia media total de una emisión dada.

Sin embargo la anchura de banda necesaria debe fijarse en el valor mínimo posible, en función de la técnica de modulación, siempre que se incluya las componentes del espectro necesarias para que el receptor asegure la recepción, con la calidad exigida en determinadas condiciones técnicas, (las fórmulas que pueden usarse para determinar la anchura de banda figuran en el apéndice 6 del reglamento de comunicaciones)

La anchura de banda ocupada a x dBson susceptibles de mediciones de la anchura de banda realmente ocupada por una determinada emisión con el fin de cerciorarse, de que dicha emisión no ocupa una anchura banda excesiva para el servicio que ha de proporcionarse y, por consiguiente garantizar que no creará interferencia más allá de los límites estipulados para esta clase de emisión.

Por último conviene considerar que, en varios casos, la utilización de sistemas con anchuras de banda necesarias muy superiores a la anchura de banda base, aumenta potencialmente el número de usuarios simultáneos que pueden compartir una banda del espectro (por ejemplo, sistemas FM que emplean un elevado índice de modulación, técnicas de expansión de la anchura de banda), ya que puede reducirse suficientemente la susceptibilidad de los receptores a la interferencia para compensar con creces la reducción del número de canales disponibles, incrementándose así la eficacia de la utilización del espectro radioeléctrico.

En breves palabras podemos definir la sensibilidad como un término que se emplea para indicar la señal mínima de entrada a la que responderá un sistema electrónico, por ende, podemos afirmar que es la actitud de un receptor para recibir señales débiles y para reproducirlas con una intensidad utilizable y una calidad aceptable, pero que para valorar la calidad de las señales de salida puede ser necesario, en muchos casos, considerar el equipo receptor en su conjunto.

De esto último se desprende la relación íntima que guarda la sensibilidad con los siguientes parámetros.

- Nivel de salida necesario
- Anchura de banda global necesaria para la señal
- Relación señal/ruido necesaria a la salida
- Nivel de ruido interno (intrínseco al receptor)
- Anchura de banda efectiva global de ruido.

Entre otras consideraciones importantes se debe hacer referencia a aumentar la sensibilidad en la medida en que lo permitan las consideraciones de carácter económico y técnico para de esta manera economizar la potencia transmitida. Y por otra parte se deben hacer extensivas las consideraciones de una buena sensibilidad a las condiciones necesarias para asegurar una buena protección contra las señales interferentes.

Como las características medidas varían notablemente de uno a otro receptor, es necesario se efectúen mediciones (en la medida de lo posible), en varios receptores del mismo tipo y se indiquen valores estadísticos (valor medio, desviación típica).

**TAZA DE BITS ERRADOS B.E.R.
(BIT ERROR RATE)**

Por de finición se señala a la taza de bits errados como la fracción de una secuencia de bits de mensajes que se reciben con error en promedio por cada millón de bits transmitidos, prácticamente se le conoce como un porcentaje de datos transmitidos incorrectamente sobre el total de datos, expresados como una fracción del número total de bits transmitidos. sus siglas en inglés son BER.

Tanto la sensibilidad como la taza de bits errados están relacionados por razones que ya se explicaron en la definición de sensibilidad y, de estas razones se desprende la medición conocida como "Medición de la Sensibilidad en función del BER" para este caso se obtiene un valor de sensibilidad que aunque ya está establecido este puede variar de acuerdo al número de bits erróneos que se produzcan en un enlace.

CAPITULO III
PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA
A
EQUIPOS CON TECNOLOGIA
ESPECTRO AMPLIADO
[SPREAD SPECTRUM]

Siendo uno de los objetivos bien definidos el de implementar procedimientos que permitan la medición de parámetros específicos de emisión y propagación electromagnética para la evaluación técnica y, de esta manera lograr la caracterización de la operación total a equipos con tecnología de "Espectro Ampliado", se procederá a la descripción de los mismos definiendo para el procedimiento de cada medición el siguiente protocolo:

- CAMPO DE APLICACION
- DOCUMENTOS A CONSULTARSE
- CONDICIONES AMBIENTALES
- EQUIPOS E INSTRUMENTOS
- PROCEDIMIENTO
- BIBLIOGRAFIA

-CAMPO DE APLICACION:

Fabricantes, distribuidores y usuarios de cualquier tipo de dispositivo que opere con tecnología Espectro Ampliado y metrología en radiocomunicaciones.

-DOCUMENTOS A CONSULTARSE:

Recomendaciones e informes del Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones. Volumen I "Utilización del Espectro y Comprobación Técnica de las Emisiones 1991.

-CONDICIONES AMBIENTALES:

Para efectuar la medición de algún parámetro del dispositivo bajo prueba, se deben de tener en cuenta las condiciones climatológicas apropiadas o las mínimas requeridas, las cuáles deben de ser especificadas por el fabricante. Sin embargo queda a criterio del técnico la decisión de realizar las mediciones bajo condiciones diferentes a las especificadas; informando de las condiciones y de la tolerancia del dispositivo bajo prueba a las cuales se realizó la medición.

En el mejor de los casos, el rango de temperatura apropiado para realizar las mediciones puede ser desde 0°C a 50°C y con una humedad relativa arriba del 90% no condensada.

EQUIPOS E INSTRUMENTOS:

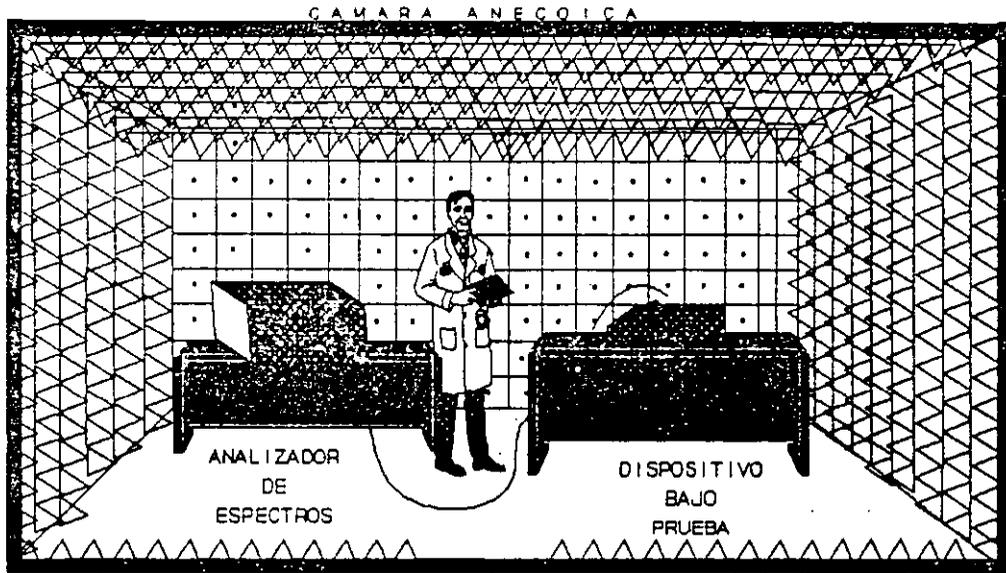
Para llevar a cabo las mediciones en un laboratorio se requiere de los siguientes equipos e instrumentos.

NOTA: Los procedimientos de estas pruebas fueron aplicados en el Laboratorio de Radiación y Propagación del Instituto Mexicano de Comunicaciones por lo que la lista del equipo que se menciona contiene la marca y el modelo del mismo. Sin embargo cabe aclarar que no es estrictamente necesario realizar las pruebas con este equipo, siempre y cuando el equipo con el que se cuente sea similar.

EQUIPO	MARCA	MODELO
MEDIDOR DE POTENCIA	HEWLETT PACKARD	438A
SINTETIZADOR DE BARRIDO	HEWLETT PACKARD	8340A
ANALIZADOR DE ESPECTROS	HEWLETT PACKARD	8566B
CONTROLADOR HP-IB	HEWLETT PACKARD	8785A
DISCO DURO	HEWLETT PACKARD	9153C
PLOTTER	HEWLETT PACKARD	7475A
TRIPIE DE MADERA	ANRITSU	MB9A
ANALIZADOR DE REDES	HEWLETT PACKARD	8510C
ANALIZADOR DE COMUNICACIONES	ROHDE & SCHWARZ	CMTA
TORNAMESA HP-IB	EMCO	S/M
IMPRESORA THINK JET	HEWLETT PACKARD	8568B
CAMARA ANECOICA	ALL-SHIELD ENCLOSURES	
CABLES Y CONECTORES RESPECTIVOS (VARIOS)		

MEDICION DE LA FRECUENCIA DE OPERACION

- Encender el analizador de espectros por un espacio de 30 minutos antes de iniciar la prueba
- Conectar el equipo como se muestra en la figura
- Preparar el plotter como se muestra en el apéndice (A)
- Alistar el equipo bajo prueba de acuerdo a las instrucciones del manual de operación respectivo
- Durante la prueba se debe de mantener constante la potencia de salida del Dispositivo Bajo Prueba (DBP) el cual se conecta directamente al analizador de espectros
- Posteriormente se procede a medir la frecuencia de operación de cada canal, previo acondicionamiento del analizador de espectros, respecto a la FRECUENCIA, NIVEL y SPAN requeridos



ARREGLO EMPLEADO PARA LA
MEDICION DE LA FRECUENCIA DE
OPERACION.

MEDICION DE LA POTENCIA DE SALIDA

- Encender el medidor de potencia por un espacio de 30 minutos antes de iniciar la prueba
- Conectar el equipo como se muestra en la figura
- Prepara la impresora como se describe en el apéndice (a)
- Prepara el equipo bajo prueba de acuerdo a las instrucciones del manual de operación respectivo
- Mantener constante la frecuencia de operación del canal al cual se desea medir la potencia
- Programar y efectuar la medición de las diferentes potencias del canal mediante el medidor de potencia
- Efectuar el mismo procedimiento para diferentes canales susceptibles de medición

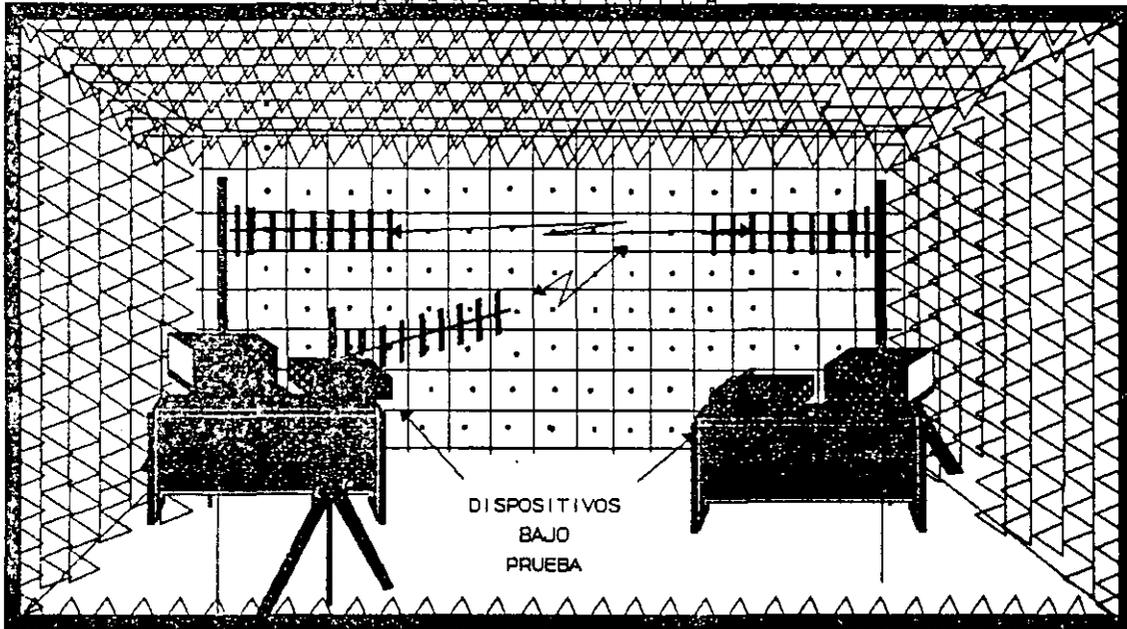
MEDICION DEL ANCHO DE BANDA

- Encender el analizador de espectros por un espacio de 30 minutos antes de iniciar la prueba
- Conectar el equipo como se muestra en la figura
- Preparar el plotter como se muestra en el apéndice (A)
- Preparar el equipo bajo prueba de acuerdo a las instrucciones del manual de operación respectivo
- Durante la prueba se debe de mantener constante la potencia de salida del DBP.
- Posteriormente se procede a comprobar la frecuencia de operación
- Una vez que se ha comprobado la frecuencia de operación se puede proceder a realizar la medición del ancho de banda, previo ajuste del analizador de espectros, respecto a la FRECUENCIA, NIVEL y SPAN requeridos.

MEDICION DE LA SENSIBILIDAD EN FUNCION DEL BER

- Encender el analizador de comunicaciones de datos
- Conectar el equipo como se muestra en la figura
- Establecer un enlace con el DBP
- Atenuar gradualmente el nivel de potencia de salida en cada uno de los extremos hasta que se observe pérdida de datos

CAMARA ANECHOICA



DISPOSITIVOS
BAJO
PRUEBA

ANALIZADOR DE COMUNICACIONES
DE
DATOS

ARREGLO EMPLEADO PARA LA
MEDICION DE LA SENSIBILIDAD EN
FUNCION DEL B.E.R., MEDICION DEL
PROMEDIO DE ERROR-BIT (B.E.R.).

MEDICION DEL PROMEDIO DE ERROR-BIT (BER)

- Encender el analizador de comunicaciones de datos
- Conectar el equipo de manera similar al arreglo anterior
- Establecer un enlace por un periodo largo de tiempo (aproximadamente 50 hrs.)

CAPITULO IV

**ANTEPROYECTO DE NORMALIZACION
PARA SISTEMAS DE
RADIOCOMUNICACION
QUE EMPLEAN LAS TECNICAS DE
ESPECTRO DISPERSO
(SPREAD SPECTRUM)
EN LAS BANDAS
DE
902-928 MHz, 2450-2483.5 MHz Y 5725-
5850 MHz.**

NOM- _____ -SCTI-1994

***NORMA TECNICA DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACION QUE EMPLEAN LAS
TECNICAS DE ESPECTRO DISPERSO (SPREAD SPECTRUM) EN LAS BANDAS DE
FRECUENCIAS DE 902-928 MHz, 2450-2483.5 MHz Y 5725-5850 MHz.**

INDICE

I.- OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

2.- Campo de aplicación

3.- Definiciones

**4.- Norma de transmisión
aplicable en ambientes
de operación en áreas
locales (Bandas de 902-928 MHz,
2450-2483.5 MHz y
5725-5850 MHz)**

**5.- Norma de transmisión
aplicable en ambientes
de operación en áreas
locales (Bandas de 902-928 MHz,
2450-2483.5 MHz y
5725-5850 MHz)**

**6.- Norma de transmisión
aplicable en ambientes
a enlaces de cobertura
amplia (Bandas de 902-928 MHz,
2450-2483.5 MHz y
5725-5850 MHz)**

1.- Introducción

El espectro disperso básicamente es un sistema de transmisión, que se desarrolló en un principio para uso exclusivamente militar para ofrecer una mayor protección a las comunicaciones contra las interceptación o la interferencia que se pudiera ocasionar o provocar en una determinada banda de frecuencias. Este sistema es similar a los convencionalmente existentes pero difiere en que la energía media de la señal transmitida se reparte sobre un ancho de banda mucho mayor que el de la información y es precisamente de este hecho, del cuál se deriva el nombre de la tecnología. Escencialmente en estas técnicas se intercambia una mayor anchura de banda de transmisión con una densidad espectral más baja, y entre sus cualidades más sobresalientes, están las de permitir un mayor rechazo a las señales interferentes que se ocasionan en la misma banda de frecuencias, también permite la posibilidad de compartir el espectro con sistemas de banda estrecha convencionales debido a la posibilidad de transmitir a una potencia inferior en la banda de paso de los receptores de banda estrecha.

La importancia que han adquirido las técnicas del Espectro Disperso (Spread Spectrum), radica en saber adecuar el uso de la tecnología, sobretodo para que permita en la medida de lo posible ayudar a revertir la actual situación del espectro y subsanar los problemas que afronta el mismo debido a la saturación.

Se debe de considerar que en México existen equipos con aplicaciones industriales, científicas y médicas que no son de espectro disperso y que operan en las bandas de 902-928 MHz, 2400-2500 MHz y 5725-5875 MHz. mismas que en otros países son las bandas asignadas a determinadas aplicaciones del espectro disperso.

En la banda de frecuencias de 2400-2500 MHz está atribuida en otros países para los sistemas de espectro disperso, sin embargo en México sólo se considera la banda de 2450-2483.5 MHz como la disponible para la operación de esta clase de equipos. Lo anterior se debe a que en la banda de 2300-2450 MHz operan sistemas digitales de multiacceso para proporcionar el servicio de telefonía rural a nivel nacional. Asimismo, en esta banda se están instalando sistemas punto a multipunto para proporcionar el servicio de radiotransmisión de datos a 64 Kb/s para los usuarios dentro de las ciudades más pobladas.

En lo que respecta a la banda de frecuencias de 902-928 MHz, se están desplazando los sistemas de microondas que transmiten radiotelefonía multicanal de punto a punto, y se están introduciendo nuevos servicios de radiocomunicaciones del tipo fijos y móviles, tales como: radiotelefonía celular, radiotelefonía pública a bordo de aeronaves, radiolocalización móvil de personas local e internacional, sistemas personales de comunicación avanzada y radiotransmisión de datos, entre otros.

Por último la banda 5725-5875 MHz está considerada para aplicaciones industriales, científicas y médicas, (ICM). Estas aplicaciones tienen prioridad, por lo que cualquier servicio de radiocomunicación que opere en esta banda debe aceptar la interferencia perjudicial resultante de estas aplicaciones.

Como es evidente se hace necesaria una reglamentación aplicable respectiva con normas específicas para que se asegure la convivencia y se garantice la protección de los equipos que emplean una modulación convencional, atendiendo con prioridad las necesidades del país.

CAPITULO 1

OBJETIVO:

Esta norma oficial mexicana proporciona límites para la transmisión en sistemas de radiocomunicación cuya tecnología está basada en espectro disperso

CAMPO DE APLICACION:

*Esta norma provee la regulación aplicable a todo dispositivo o sistema de radiocomunicación cuyo funcionamiento está basado en las técnicas de espectro disperso: Salto de Frecuencia (Frequency Hopping—**F.H.**—) y Secuencia Directa (Direct Sequence—**D.S.**—) en las bandas 902-928 MHz, 2450-2483.5 MHz y 5725-5850 MHz.*

Esta norma no contempla técnicas de impulso por frecuencia (Chirped modulation), así como tampoco cualquier otra técnica híbrida.

CAPITULO 2

REFERENCIAS

REGLAMENTO DE RADIOCOMUNICACIONES; UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (GINEBRA 1990)

UTILIZACION DEL ESPECTRO Y COMPROBACION TECNICA DE LAS EMISIONES VOLUMENES IV-1 Y I; COMITE CONSULTIVO INTERNACIONAL DE RADIOCOMUNICACIONES CCIR (DUSSELDORF 1990)

GLOSARIO DE TERMINOS UTILIZADO EN TELECOMUNICACIONES; TELECOMUNICACIONES DE MEXICO (DICIEMBRE DE 1992)

LEY DE VIAS GENERALES DE COMUNICACION

REGLAMENTO DE TELECOMUNICACIONES (25 DE OCTUBRE DE 1990)

LEY FEDERAL DE METROLOGIA Y NORMALIZACION (31 DE JULIO DE 1992)

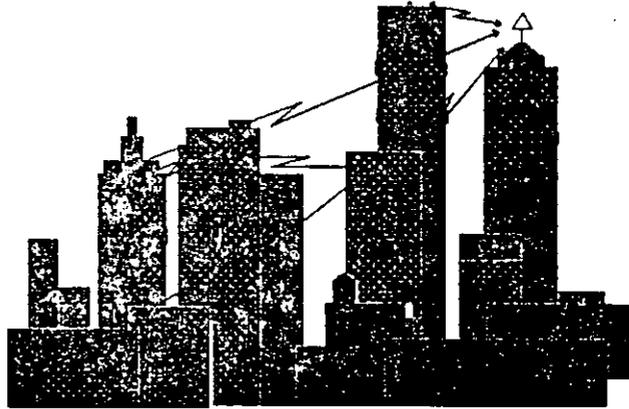
DEFINICIONES

CAPITULO V

***APLICACIONES Y TENDENCIAS
DEL
SISTEMA ESPECTRO DISPERSO***

APLICACIONES DEL SISTEMA

Una vez que se han planteado las bases sobre las cuales a p o y a s u funcionalidad el sistema, se puede proceder a describir las aplicaciones con la certeza de que serán entendidas de igual manera que las tendencias.



ARREGLO DE REDES LAN SEPARADAS
EMPLEANDO RADIOS CON
TECNOLOGIA ESPECTRO AMPLIADO.

Comenzaremos recordando lo que se ha descrito en la retrospectiva, mencionando que desde los inicios de las técnicas del espectro ampliado en los años cincuenta, las primeras aplicaciones han sido más que revolucionarias, evolucionarias. Estas mejoras las podemos observar reflejadas en los sistemas electrónicos ya que ahora contamos con circuitos eléctricos integrados de alta velocidad los cuales amplían el espectro en este caso logrando un factor de expansión tan suficientemente aceptable que los límites del empleo de este sistema, ahora son debidos a la asignación de nuevas bandas.

La protección contra interferencia en banda es frecuentemente llamada protección anti-obstrucción. Esta es particularmente la aplicación más extensa de la tecnología S.S.. Una aplicación similar es la de Acceso Múltiple por el número de usuarios quienes comparten el mismo espectro de una manera coordinada, en ese cada uno emplea señales características o parámetros (frecuentemente referida a códigos) las cuales son distinguibles unos de otros usuarios. Una razón para usar este espectro compartido, conocido como Acceso Múltiple por división de código (CDMA).

La tercera forma de interferencia suprimida por las técnicas del espectro expandido es la misma interferencia causada por la multitrayectoria en la cual versiones retrasadas de la señal llegan por trayectorias alternativas interfiriendo con la trayectoria directa de transmisión.

La segunda clase de aplicaciones se centran en la reducción de la

La segunda clase de aplicaciones se centran en la reducción de la densidad de la energía de la señal transmitida. También estas aplicaciones tienen tres propósitos:

- 1) Encontrar las regulaciones de las asignaciones internacionales.
- 2) Para minimizar la detectabilidad.
- 3) Para privacidad.

Las transmisiones de satélites deben tener regulaciones internacionales en la densidad espectral de las señales recibidas en la tierra. Por el hecho de expandir esta energía sobre un ancho de banda amplio, la frecuencia total transmitida puede ser aumentada, y por lo tanto su funcionamiento mejorado. El hecho de expandir la energía disminuye la detectabilidad de una señal por un regulador el cual emplea análisis espectral para monitorear o regular las emisiones. Aún es más prometedor esta tecnología para lograr privacidad en las comunicaciones.

COMUNICACION CELULAR MOVIL.

Los sistemas móviles celulares más comunes emplean la banda de frecuencias de 868 a 894 MHz para la transmisión del usuario móvil a la célula y la banda de frecuencias de 823 a 849 MHz para la transmisión de la célula al usuario móvil. Cada una de estas bandas está dividida en dos partes para permitir que dos sistemas competitivos puedan operar simultáneamente. De este modo cada sistema tiene 12.5 MHz disponibles para la transmisión y 12.5 MHz para la recepción. A la vez cada banda de 12.5 MHz. esta dividida en subbandas de 30 KHz. para comunicaciones de voz.

En referencia a la figura 6 la cual muestra un diagrama de un sistema celular de siete frecuencias diferentes, se puede observar que un usuario móvil, que se encuentre presente cerca de la frontera de la célula B, y que sea servido por la célula adyacente A, puede producir interferencia a otro usuario móvil que es servido por la célula B y que también se encuentre cerca de la misma frontera, para evitar que los usuarios se provoquen interferencia mutua. porque los dos son servidos por ambas células A y B, con niveles de potencia comparables, a cada célula se le asigna diferente banda de frecuencia de operación. La figura 6 muestra un sistema de 7 frecuencias, cada una con un ancho de banda $B = 12.5 \text{ MHz} / 7 = 1.8$

MHz. Empleando esta asignación de frecuencia, las células adyacentes operarán en diferentes bandas y como consecuencia la interferencia entre usuarios de células adyacentes no presenta un problema más. Esta Técnica es denominada reuso de frecuencias, y como una respuesta de este sistema, no puede haber más de $N = 1.8\text{MHz} / 30\text{KHz} = 60$ usuarios por cada célula. Algunos de estos canales son reservados para señalización, permitiendo aproximadamente 55 usuarios por célula.

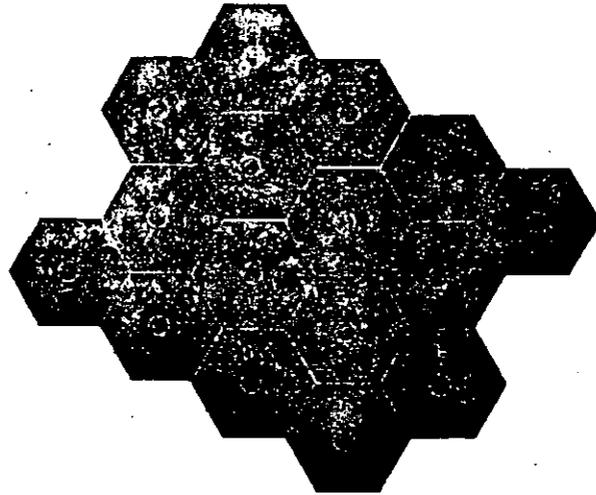
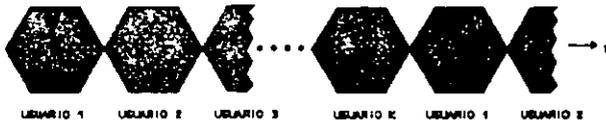


DIAGRAMA DE UN SISTEMA CELULAR
COMPUESTO DE UNA BANDA DE 7
FRECUENCIAS.

El mantenimiento de un sistema móvil celular es completamente costoso, por esta razón se ha buscado aumentar significativamente su aprovechamiento, incrementando el número de usuarios por célula. La forma en que se logro esto fué



EN UN SISTEMA TDMA CADA USUARIO
TRANSMITE CON UNA TAZA DE
DATOS DE 30 kb/s, EN LA MISMA
BANDA DE FRECUENCIA

recurrir al desuso de la transmisión analógica FM, la cuál continúa siendo empleada hoy en día, y en su lugar emplear la comunicación digital con TDMA. Una forma de onda TDMA es mostrada en la figura 7. En este sistema, la célula prueba secuencialmente todos los usuarios K, cada uno de los cuáles emplea la misma banda

30 KHz, pero en diferentes instantes. Usando este sistema, el número de células no aumenta, pero desde que hay K usuarios por canal de 30KHz., el número total de usuarios por célula a aumentado por un factor de K. Para estimar el factor K, se puede observar que la voz puede ser convertida de una señal analógica a una señal digital con una cantidad de 8,500 b/s sin una degradación notable de la calidad en la señal, o también se puede cambiar a una señal digital pero con una cantidad de 2,400 b/s con una degradación un poco más notable. Por ejemplo, usando una tasa de 2,400 b/s y una técnica de modulación digital como lo es la modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK), cada señal digital de voz requiere un ancho de banda de sólo 2,400 Hz. Por lo tanto, puede haber aproximadamente $k = 30\text{ KHz} / 2.4\text{ kb/s}$ lo que equivale a 12 usuarios por cada canal de 30 KHz. De este modo, existe un número potencial de usuarios por célula que es; 12 usuarios por cada canal que

multiplicados por 55 canales por cada célula equivaldría a 660 usuarios por célula. Los planes más comunes que se tenían eran obtener $K = 3$ usuarios por cada canal, (es decir 175 usuarios por célula), en el año 1991 empleándose una tasa de 8,500 b/s. Para el futuro se planean seis usuarios por canal (es decir, 350 usuarios por célula).

Empleando la técnica del espectro disperso en CDMA* (Acceso Múltiple por Diferenciación de Código) puede lograrse un significativo incremento en el número de usuarios por célula, en comparación con la técnica TDMA. En el sistema CDMA, a cada señal se le asigna un código pseudoaleatorio diferente. De este modo, los usuarios móviles en células adyacentes usan el mismo ancho de banda y por consiguiente comparten también la misma interferencia, haciendo aparecer a cualquier señal deseada recibida un poco ruidosa, tanto como el número de usuarios, servidos por una célula, aumente. Como ya se ha discutido anteriormente cada señal indeseada de cualquier usuario genera un poco de energía interferente cuya magnitud depende del proceso de ganancia. Puesto que el aumento del factor de interferencia no es severo, no se necesita emplear el reuso de la frecuencia. De este modo, cada célula de E.D. puede usar una banda completa de 12.5 MHz. para la transmisión y otra banda completa de 12.5 MHz. para la recepción.

El número total de usuarios, M , que simultáneamente pueden tener acceso a una célula es estimado por la siguiente ecuación:

$$3N / M \approx 8$$

En esta ecuación, la relación de la potencia de la señal a la potencia del ruido térmico en el receptor se ha considerado grande

ALARMAS ANTIRROBO/INCENDIOS.

Es más conveniente la instalación de cualquier dispositivo de comunicaciones inalámbrico para aplicaciones que involucran incendios y alarmas antirrobo. Como ejemplo en la figura se proyecta el concepto de aplicación que se podría llevar a cabo en oficinas gubernamentales, en edificios multifamiliares o en cualquier tipo de inmueble que lo requiera. El diagrama muestra que las alarmas inalámbricas pueden transmitir a un transceptor central operando a una potencia muy baja y empleando baterías recargables; el

transceptor central puede ser usado para transmitir la señal de alarma a la policía local o a la estación de bomberos más cercana. Por otra parte, considerando que cada señal de alarma puede tener un código de identificación diferente es posible que el mismo dispositivo que emite la señal de advertencia, sirva como un detector del lugar donde se encuentra la fuente del problema.

LAS COMUNICACIONES EN LA BOLSA DE VALORES.

Actualmente, la mayoría de las comunicaciones en la bolsa de valores se realizan a través de señales de mano, y en pocos casos emplean algún tipo de radiocomunicación, sin embargo, dada la importancia de la velocidad en las comunicaciones y sobretodo la flexibilidad para permitir el mayor número de usuarios para la compartición del sistema se hace factible el empleo de E.D. CDMA.

Para esta situación, si usamos voz digital codificada con una velocidad de 2,400 b/s, y un proceso de ganancia $N=10,000$, el ancho de banda requerido será de 48 MHz. Con ayuda de la ecuación 3, si $P=1/2$ y $\lambda=0$, el número máximo de usuarios U es aproximadamente igual a $0.75 N$. De este modo, 7,500 negociantes serían comunicados con su cambista completamente en privado.

RADARES DE POLICIA/RADIOS.

Actualmente los radares detectores están disponibles desde muchas compañías. El principio básico de cada uno de estos dispositivos es, sin embargo, el mismo. Desde que la banda del radar es bien conocida solamente detecta un incremento de energía de aquellas bandas donde un radar está presente. Sin embargo, un radar con espectro disperso, ya sea secuencia directa o salto de frecuencia, tendría su energía dispersa sobre una banda amplia y no fácilmente detectable por un radar detector común. De hecho, para detectar una señal de este tipo se requiere la construcción de un detector inteligente conocido como un receptor de medición de señal electrónico (ELECTRONIC SIGNAL MEASUREMENT ►ESM◄). Este receptor está diseñado específicamente para las señales del espectro disperso y además de ser de uso militar es demasiado costoso.

Para complementar y enfatizar el incremento de la eficiencia de la utilización del espectro, a continuación se describirán algunas aplicaciones y sobretodo se mencionaran algunas tendencias del sistema como posibles rutas que tomarán las aplicaciones del sistema en el futuro.

CDMA "Code Division Multiple Access"

Acceso Múltiple por Diferenciación de Código: Método que permite introducir o enviar señales de diferente información en un mismo tiempo, coordinado por los valores binarios. En este modo de transmisión, se asigna un código característico a cada señal transmitida al satélite. En la recepción, la estación reconoce por su código, entre todas las que recibe, la señal que le está destinada, y extrae la información correspondiente. Dentro de las ventajas que se logran con este tipo de transmisión son la de transmitir simultáneamente y también la de compartir la frecuencia asignada. Se puede decir, que es una combinación de la transmisión simultánea por división de frecuencia y por división de tiempo. Anteriormente fueron empleados únicamente para fines militares actualmente se emplean también comercialmente.

TDMA "Time-Division Multiple Access"

Acceso Múltiple por división de tiempo: Técnica digital de acceso Múltiple que permite al satélite recibir las transmisiones de distintas terminales terrenas, entre las que no hay superposición en intervalos separados, y en los que se almacena temporalmente la información.

POSIBLES APLICACIONES DEL ESPECTRO EXPANDIDO FUNDAMENTADAS EN LA DISTRIBUCION DEL ESPECTRO.

Las técnicas del espectro expandido han sido desarrolladas en el pasado para permitir la comunicación de la información bajo condiciones difíciles de una relación muy baja de S/N (tales como las que pueden ser encontradas debido a la alta interferencia cocanal), a los niveles bajos de señal (tales como los que pueden ocurrir en sistemas usados sobre trayectorias muy largas, como por ejemplo, espacios profundos de pruebas

CONCLUSIONES

La filosofía de la distribución del espectro, la cuál ha existido durante muchos años, ha sido la compartición de la capacidad inherente del espectro de la radio entre los usuarios a través de la división de la frecuencia. Tal; como el número de los usuarios ha aumentado, los métodos han sido encontrados para reducir el ancho de banda necesario de manera que los nuevos usuarios pudieran ser acomodados en el espectro. Como el número de usuarios continua aumentando, puede ser preguntado, en cuanto a si la distribución de la división de la frecuencia puede continuar siendo la única manera de distribuir el espectro, porque este acercamiento no siempre puede ser la manera más eficiente de usar el espectro.

La filosofía histórica de la distribución del espectro parece haber sido basada sobre la manera en la cual el arte del radio desarrollado (En particular, el filtro de frecuencia selectivo), más bien que en algún principio fundamental físico. Hay otras maneras en las cuales la capacidad de comunicación del espectro puede ser compartida. La división de la frecuencia representa una alternativa muy pobre para muchas aplicaciones si el mejoramiento enfocado a la maximización de la capacidad de la comunicación en un segmento dado del espectro es un objetivo.

La aplicación de los principios del Espectro Expandido es una manera. Y eso es una posibilidad, que también resulta de la manera en que el estado del arte del radio ha sido desarrollado. Debido al desarrollo de microcircuitos de estado sólido, técnicas digitales, teoría de codificación, y otras capacidades de las máquinas así como también paquetería y programas no existiesen



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

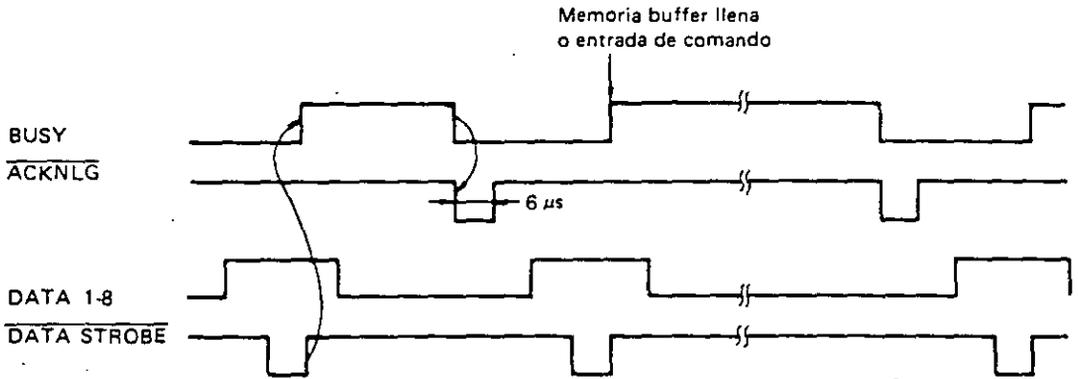
SEÑALES, CIRCUITOS Y SISTEMAS DE COMUNICACION

NOTAS COMPLEMENTARIAS

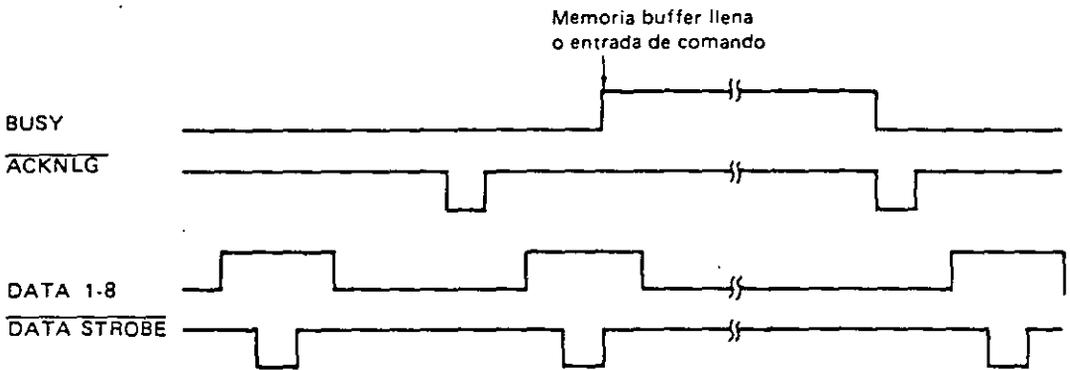
M. en I. HUMBERTO GOMEZ ORANGE

(5) Tablas de Distribución

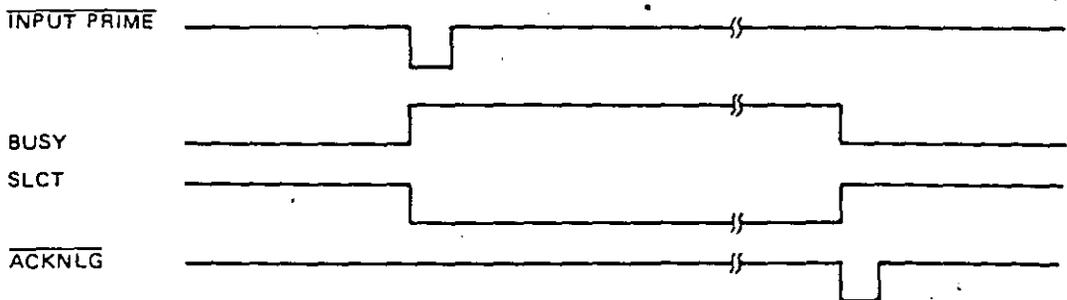
1) Dato aceptado bajo la condición de un-dato BUSY.



2) Dato aceptado bajo la condición de una-línea BUSY.



3) Dato aceptado de INPUT PRIME



INTERFASE GPIB (IEEE-488)
INTERFASE DIGITAL PARA INSTRUMENTACION PROGRAMABLE

Las 16 líneas de la interfase son "verificadas bajas" y, están divididas como sigue:

Ocho líneas de datos designadas como DIO1-DIO8.

Cinco líneas de control general de la interfase (SRQ, IPC, ATN, EOI, REN).

SRQ.- Petición de servicio. Esta línea se activa para solicitar la atención del controlador y para la interrupción del flujo de eventos.

IPC.- Limpia interfase. Cuando esta línea se activa, todos los dispositivos asumen una condición inactiva y el control es asumido por el controlador.

ATN.- Atención. Cuando esta activo todos los dispositivos atienden las líneas de datos cuya información es de control o direccionamiento. Cuando esta inactiva toda la información sobre las líneas de datos, son interpretadas como datos.

EOI.- Identificador de terminación de datos. Es activada por el dispositivo transmisor para identificar un byte de datos como el último de una serie de datos transmitidos.

REN.- Habilitador remoto. Es activado por el controlador del sistema y monitoreado por los instrumentos capaces de ser controlados remotamente, la condición de esta línea informa a los "escuchas" activos utilizar la información enviada a ellos por el dispositivo transmisor.

Tres líneas (DAV, NRFD, NDAC), las cuales controlan el flujo de información sobre las líneas de datos.

DAV.- Validación de datos. Es activada por el dispositivo transmisor para indicar que los datos son válidos.

NRFD.- No listo para datos.- Activado por al menos uno de los dispositivos "escuchas" para indicar que no se encuentran en condiciones de recibir datos.

NDAC.- No aceptación de datos. Activada por al menos uno de los dispositivos "escuchas" para indicar que aun no ha aceptado los datos.

SINGLE-ENDED SCSI BUS SIGNALS			
Pin	Mnemonic	Signal	Driven by
2	-DB0	Data Bus Line 0	Initiator/Target
4	-DB1	Data Bus Line 1	Initiator/Target
6	-DB2	Data Bus Line 2	Initiator/Target
8	-DB3	Data Bus Line 3	Initiator/Target
10	-DB4	Data Bus Line 4	Initiator/Target
12	-DB5	Data Bus Line 5	Initiator/Target
14	-DB6	Data Bus Line 6	Initiator/Target
16	-DB7	Data Bus Line 7	Initiator/Target
18	-DBP	Data Bus Parity	Initiator/Target
26	TERMPWR	Terminator Power	Any device
32	-ATN	Attention	Initiator
36	-BSY	Busy	Initiator/Target
38	-ACK	Acknowledge	Initiator
40	-RST	Reset	Any device
42	-MSG	Message	Target
44	-SEL	Select	Initiator/Target
46	-C/D	Control/Data	Target
48	-REQ	Request	Target
50	-I/O	Input/Output	Target

DIFFERENTIAL SCSI BUS SIGNALS				
Pin	Mnemonic	Pin	Mnemonic	Driven by
1	Shield Gnd	2	Ground	
3	+DB(0)	4	-DB(0)	Initiator/Target
5	+DB(1)	6	-DB(1)	Initiator/Target
7	+DB(2)	8	-DB(2)	Initiator/Target
9	+DB(3)	10	-DB(3)	Initiator/Target
11	+DB(4)	12	-DB(4)	Initiator/Target
13	+DB(5)	14	-DB(5)	Initiator/Target
15	+DB(6)	16	-DB(6)	Initiator/Target
17	+DB(7)	18	-DB(7)	Initiator/Target
19	+DB(P)	20	-DB(P)	Initiator/Target
21	DIFFSENS	22	Ground	Active high
23	Ground	24	Ground	
25	TERMPWR	26	TERMPWR	Any device
27	Ground	28	Ground	
29	+ATN	30	-ATN	Initiator
31	Ground	32	Ground	
33	+BSY	34	-BSY	Initiator/Target
35	+ACK	36	-ACK	Initiator
37	+RST	38	-RST	Any device
39	+MSG	40	-MSG	Target
41	+SEL	42	-SEL	Initiator/Target
43	+C/D	44	-C/D	Target
45	+REQ	46	-REQ	Target
47	+I/O	48	-I/O	Target
49	Ground	50	Ground	

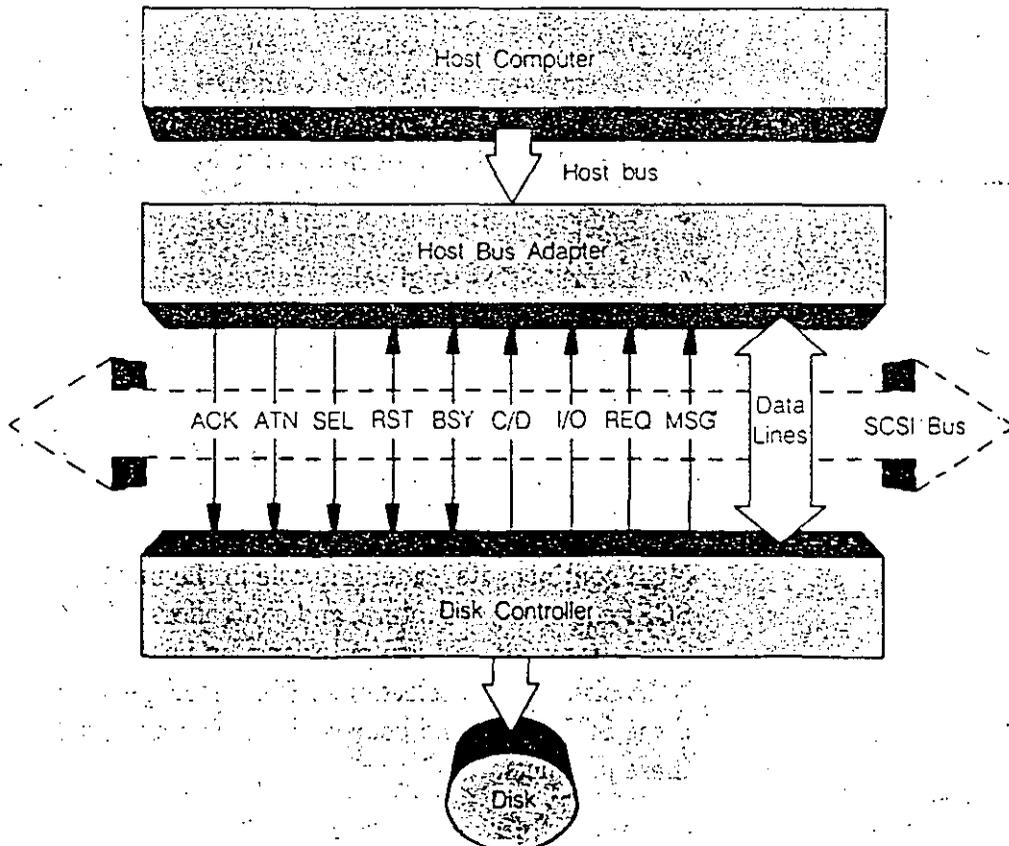
QUE SISTEMAS SOPORTA EL BUS SCSI ?

La función del bus SCSI es la de integrar todas las partes de un sistema de computo para que pueda comunicarse con otro o con cualquier periférico. Algunas computadoras soportan directamente al bus, en tanto que otras se comunican indirectamente con periféricos usando un " SCSI host adapter ".

SCSI puede adaptarse a computadoras que usan alguno de los siguientes buses:

- Bus S-100
- Bus STD
- Bus G64
- Multibus I/II
- Micro Canal
- IBM PC, PC/AT
- I-Bus
- X-Bus

Para adaptar SCSI a una computadora que use alguno de estos buses, un " host adapter " debe ser instalado en la computadora.



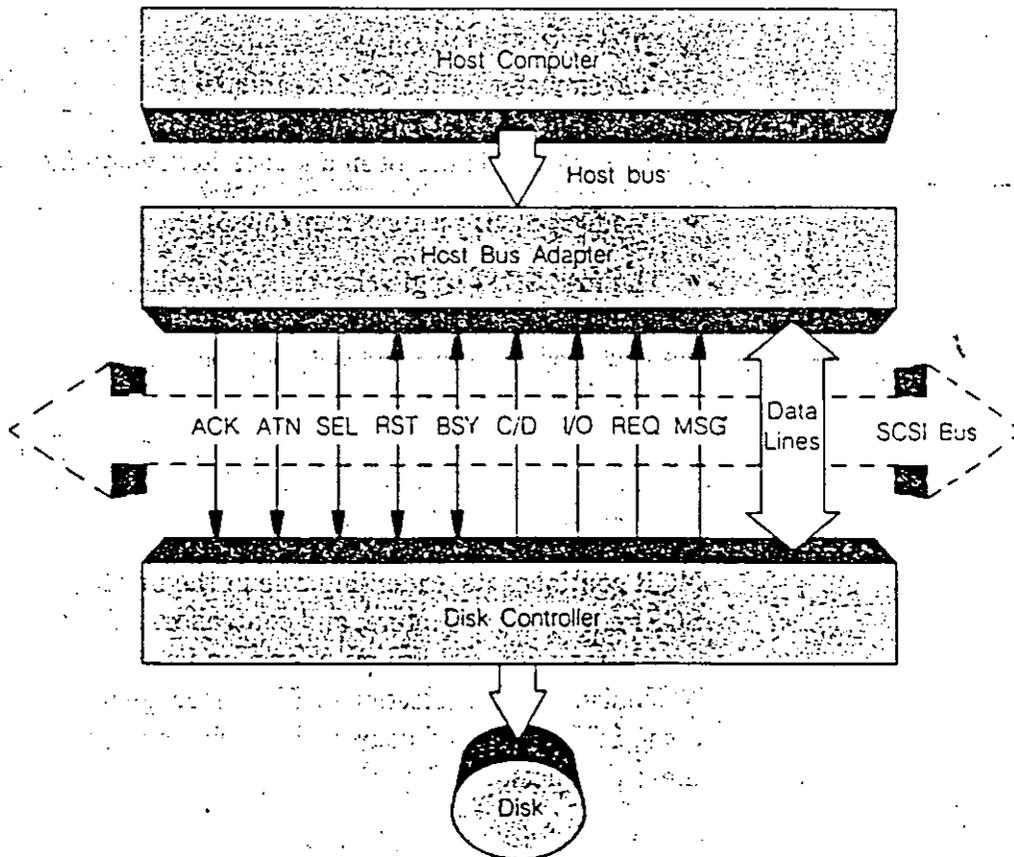
QUE SISTEMAS SOPORTA EL BUS SCSI ?

La función del bus SCSI es la de integrar todas las partes de un sistema de computo para que pueda comunicarse con otro o con cualquier periférico. Algunas computadoras soportan directamente al bus, en tanto que otras se comunican indirectamente con periféricos usando un " SCSI host adapter ".

SCSI puede adaptarse a computadoras que usan alguno de los siguientes buses:

- Bus S-100
- Bus STD
- Bus G64
- Multibus I/II
- Micro Canal
- IBM PC, PC/AT
- I-Bus
- X-Bus

Para adaptar SCSI a una computadora que use alguno de estos buses, un " host adapter " debe ser instalado en la computadora.



CONCEPTOS BASICOS DE LA INTERFASE " S C S I "

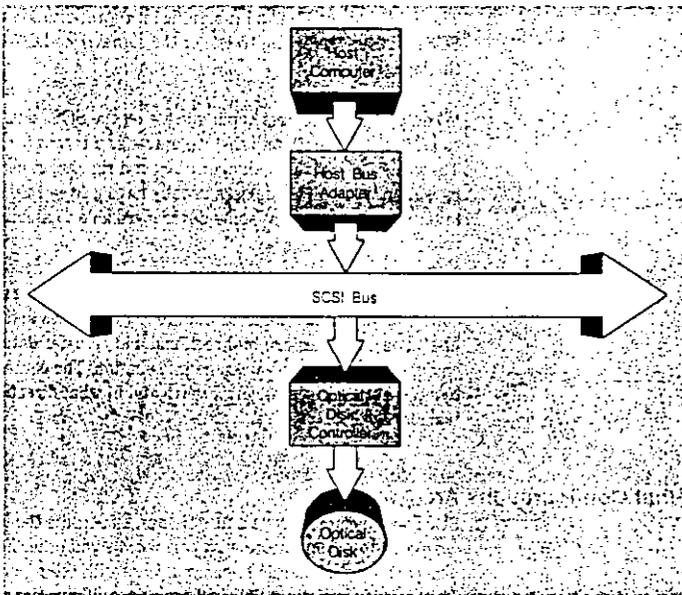
Mencionaremos la señalización del bus SCSI y las funciones que se realizan en la transferencia de información.

Un máximo de ocho dispositivos pueden ser conectados al bus. De ellos solamente un par puede estar en comunicación. Cada dispositivo tiene un bit de identificación llamado "SCSI ID", éste bit representa la dirección del dispositivo sobre el bus de datos (DB7-DB0). El DB7 tiene la mayor prioridad.

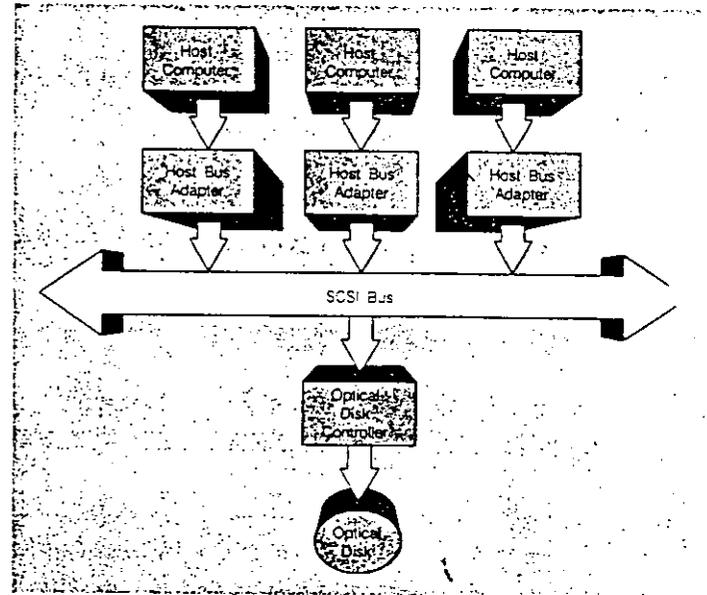
Existen cuatro posibles configuraciones con la interfase SCSI:

- Un Host (Initiator) / Un Controlador (Target)
- Un Host (Initiator) / Múltiples Controladores (Targets)
- Múltiples Host (Initiators) / Un Controlador (Target)
- Múltiples Host (Initiators) / Múltiples Controladores (Targets)

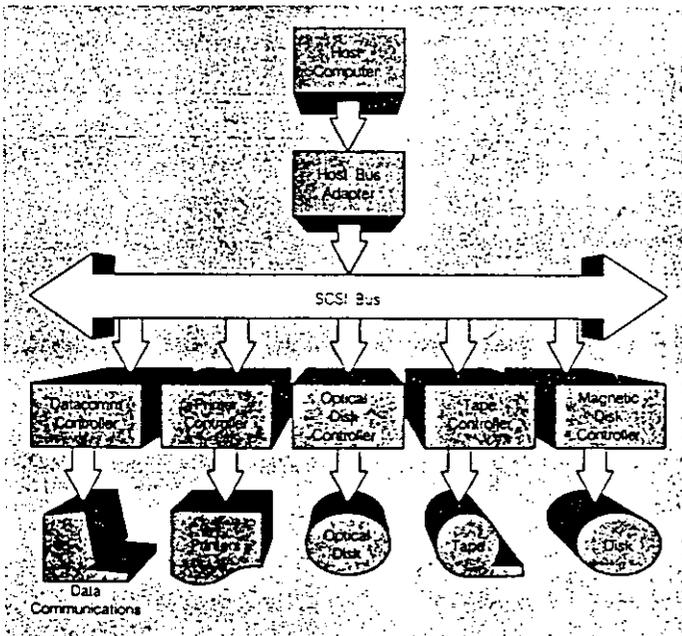
Single Host / Single Controller



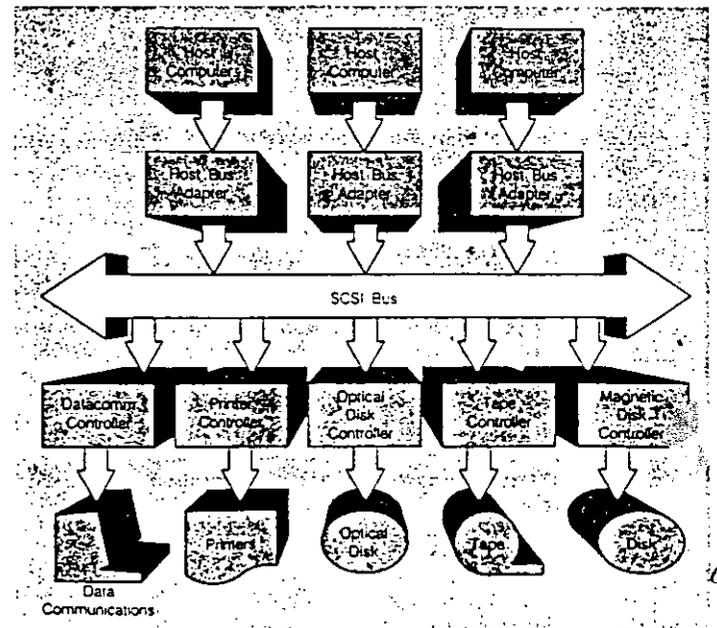
Multiple Hosts / Single Controller



Single Host / Multiple Controllers



Multiple Hosts / Multiple Controllers



Como se mencionó el bus SCSI esta formado por 50 líneas, de las cuales 9 son para datos (se incluye paridad) y 9 son para señales de control.

DESCRIPCION:

Data Signals (DB7-DB0).

Este bus no solamente transmite datos, comandos y mensajes sino también códigos de identificación de los dispositivos SCSI.

Data Bus Parity (DBP).

La paridad es una opción del bus, y en caso de estar activa, esta debe ser " non " y debe ser soportada por todos los dispositivos.

Señales de Control.

Las 9 líneas de control utilizadas en la interfase se pueden dividir en 3 grupos:

Primer grupo. Incluye las señales SEL (Select) y BSY (Busy) las cuales permiten al "Initiator" seleccionar un "Target".

Segundo grupo. Esta formado por las señales C/D (Control/Data), I/O (Input/Output), MSG (Message), REQ (Request) y ACK (Acknowledge) las cuales definen las fases de transferencia de información y el "Handshake".

Tercer grupo. Esta formado por las señales ATN (Attention) y RST (Reset) las cuales definen las 2 condiciones asíncronas del bus.

SEL (SELECT).- El initiator utiliza esta señal para ejecutar un comando.

BSY (BUSY).- Esta señal (or alambrada) indica que el bus esta ocupado. El "initiator" utiliza esta señal durante la fase de arbitraje. El "target" seleccionado la utiliza para indicar un reconocimiento de selección y para indicar que el bus esta bajo su control.

C/D (CONTROL/DATA).- Esta señal se utiliza para indicar si la información que se esta transfiriendo es de control o datos. La logica es: C/D : 1/0

I/O (INPUT/OUTPUT).- Esta señal define la dirección de la transferencia de la información. La condición de esta señal esta referida al "Host".

MSG (MESSAGE).- Se utiliza para indicar que la información que se esta transfiriendo es un mensaje.

REQ (REQUEST).- El "target" usa esta señal para hacer una petición de transferencia de información. En respuesta a esta señal se hace la transferencia de datos durante la fase correspondiente.

ACK (ACKNOWLEDGE).- Esta señal se utiliza como respuesta a la señal de REQ.

PHASE SEQUENCE			
Phase	SEL	BSY	I/O
Bus Free	0	0	0
Arbitration	0	1	0
Selection	1	X	0
Reselection	1	X	1

NOTE: 0 = False, negated; 1 = True, asserted; X = Indicates that the signal is initially negated but is asserted when the target or initiator acknowledges selection.

INFORMATION TRANSFER PHASES					
MSG	C/D	I/O	Phase	Direction	Comment
0	0	0	Data-Out	To target	Data phase
0	0	1	Data-In	From target	Data phase
0	1	0	Command	To target	Command phase
0	1	1	Status	From target	Status phase
1	1	0	Message-Out	To target	Message phase
1	1	1	Message-In	From target	Message phase

NOTE: 0 = False, negated; 1 = True, asserted; For these phases, SEL is negated and BSY asserted

ATN (ATTENTION).- Esta señal informa al "target" que hay un mensaje, éste a su conveniencia acepta el mensaje en la fase correspondiente.

RST (RESET).- Esta señal (or alambrada) es utilizada por cualquier dispositivo en el bus. Normalmente es verificada solo por el "host" durante la inicialización del equipo.

COMO SE CONTROLA LA COMUNICACION EN EL BUS SCSI.

Esta comunicación es controlada por una secuencia de estados llamados fases, existen ocho diferentes fases que son:

Fase de bus libre.- Indica que no hay ningún dispositivo haciendo uso del bus y que esta disponible.

Fase de arbitraje.- Esta fase permite que un dispositivo gane el control del bus como "initiator" o "target".

Fase de Selección.- Esta fase permite al "initiator" seleccionar un "target" para ejecutar un comando de lectura o escritura.

Fase de Reselección.- Esta fase opcional permite al "target" reconectarse a un "initiator" para continuar una operación que había sido suspendida.

Fase de transferencia de información.- Las fases de mensaje, estatus, datos y comando, son referidas como fases de transferencia de información porque todas ellas se utilizan para transferir datos o información via el bus de datos.

Fase de Comando.- Esta fase permite al "target" solicitar información de un "initiator".

Fase de Datos.- Se refiere tanto a la entrada como a la salida de éstos. La fase de entrada permite que los datos sean enviados del "target" al "initiator" y la fase de salida el sentido contrario.

Fase de Estatus.- En esta fase el "target" envía información de sus condiciones al "initiator".

Fase de Mensajes.- Esta compuesta por dos partes, la parte para mensajes de entrada y la parte para mensajes de salida. Para el primer caso el "target" hace una petición de envío de mensaje a un "initiator" y en la segunda el "initiator" envía mensaje al "target".

CONDICIONES DEL BUS SCSI.

Existen dos condiciones en el bus: la de "ATENCION" y la de "RESET", estas condiciones pueden alterar la secuencia de fases en el bus y proporcionan el único medio de que el "initiator" force al "target" para alterar la ejecución normal de un comando.

Connection Types

You can connect the Desktop Storage Pack to your system in two ways — *direct connection* or *daisy-chaining*. Connecting the SCSI cable of the Desktop Storage Pack to the SCSI connector of your system is direct connection. Connecting the SCSI cable of the Desktop Storage Pack to the SCSI connector of another SCSI device is daisy-chaining.

Direct Connection

Use direct connection when you are connecting the first SCSI device in the SCSI bus to the computer system: connect one end of the SCSI cable to one of the SCSI connectors or the peripheral device, and the other end of the SCSI cable to the SCSI connector of the computer system. If needed, connect a regulated SCSI terminator to the other SCSI connector or the peripheral device, as illustrated in Figure B-1.

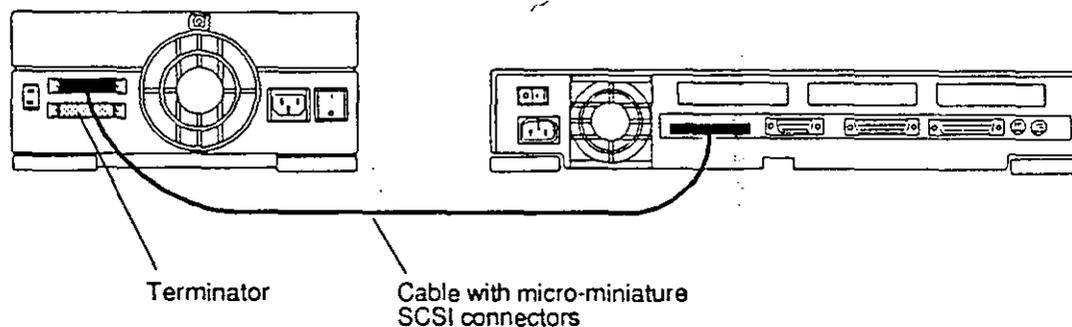


Figure B-1 A Desktop Storage Pack Directly Connected With an Active SCSI Terminator Attached

If you installed an SBus card with an additional SCSI connector in the computer system, you can connect the Desktop Storage Pack to the SCSI connector of the SCSI card.

Daisy-Chaining

SCSI devices can be daisy-chained. A daisy-chain is a means of connecting a number of devices to a system. A SCSI cable connects the system to the nearest of the devices, then a separate SCSI cable connects the first device to the second device. Another cable connects the second to the third and so forth..

Daisy-chaining allows a single connector on the system to connect to more than one device. If you want more than one device on a bus, you will need to daisy-chain.

Note - Devices with the old-style connectors (3-row 50-pin D connectors or 50-pin ribbon connectors) should not be used on the same bus (daisy-chained) with fast SCSI devices.

If you connect SCSI devices to your system in this manner, connect the terminator supplied with the Desktop Storage Pack to the unused SCSI connector on the back panel of the last device in the daisy-chain, as shown below:

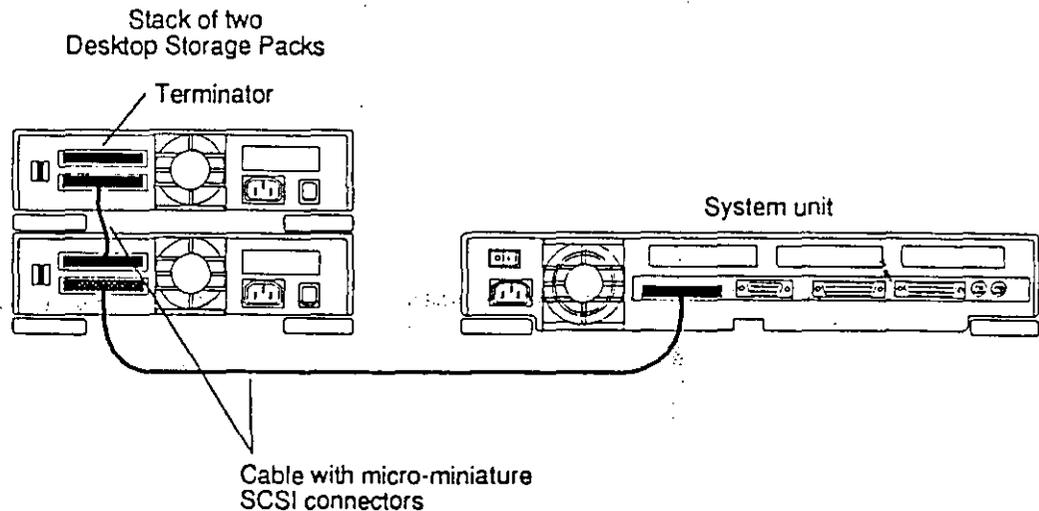
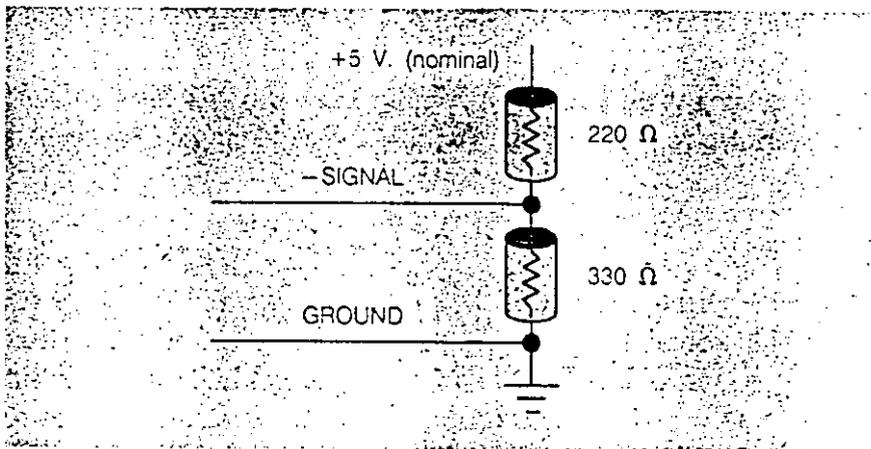


Figure B-2 Daisy-chaining Desktop Storage Packs

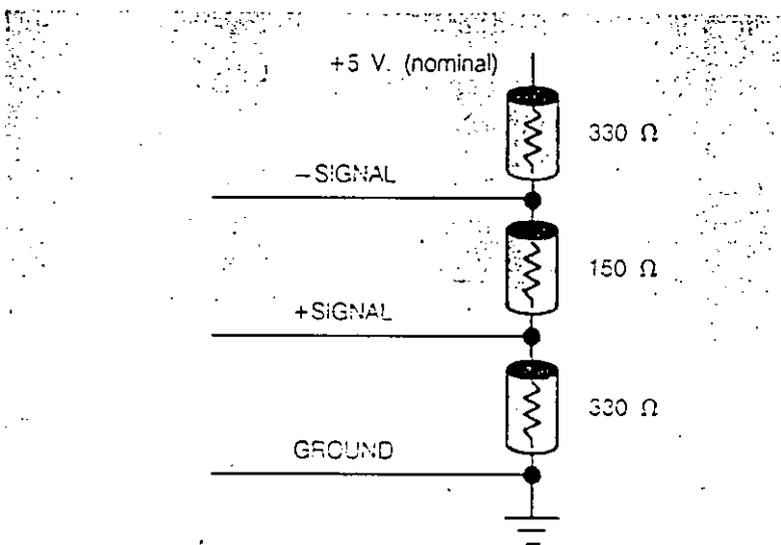
How Are The SCSI Signals Terminated?

The SCSI signals must be terminated at both ends of the SCSI bus.

Termination for single-ended devices.



Termination for differential devices.



CONNECTING THE REO-130S

The disk drive should be located in a controlled environment with a temperature of approximately 22 degrees Celsius (72 degrees Fahrenheit) and with a relative humidity of 60%, non-condensing.

Caution: Do not place the computer, the drive, or any peripherals where the equipment will be exposed to direct sunlight, to humidity, from heaters or coolers, or to sudden severe changes in temperature. Do not place the equipment in an area that is dirty, dusty or subject to vibration or shock. Keep the disk cartridges especially away from high heat output devices such as heatguns or soldering equipment.

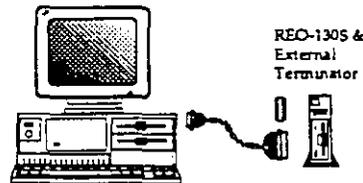


Figure 2-1. Stand-alone configuration

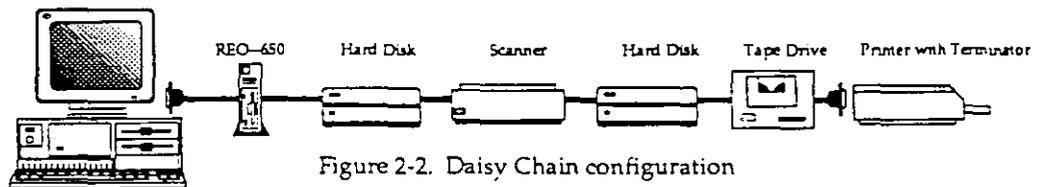


Figure 2-2. Daisy Chain configuration

To connect the REO-130S, proceed as follows:

1. Connect the small end of the six foot SCSI-2 cable to the SCSI port on the back plate of the TMC-1660 board.

NOTE: The 50 pin connectors on each end of the six foot cable differ in size. Therefore, the cable can only be connected with the small end to the TMC-1660 board and the larger end to the disk drive.

2. Connect the large end (50 pin connector) of the six foot SCSI -2 cable to the SCSI connector on the first SCSI device on the SCSI daisy chain.
3. Fasten the connectors to each other using the two clips attached to the ends of each SCSI connector.
4. Connect the power cord to the power connector port on the back of the REO-130S disk drive. Connect the other end of the power cord to an AC power line.
5. Connect the remaining SCSI devices using approved SCSI cables. The maximum combined length of the cables must not exceed 6 meters (19.7 feet). *Data can be lost if this length is exceeded.*
6. Place the SCSI terminator on the last device of the SCSI daisy chain if it is not already terminated.
7. Proceed to next chapter to install the REO-130S Driver software.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

SEÑALES, CIRCUITOS Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES

T E L E F O N I A

ING. ITHANDEHUI MESINAS

ABRIL 1994

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. APDO. Postal M-2285
Teléfonos: 512-8955 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 521-4020 AL 26

TERMINOLOGÍA BÁSICA

- TRÁFICO**
- RED**
- CENTROS DE CONMUTACIÓN**
- LINEAS TELEFONICAS: TRONCALES O ENLACES**
LINEAS DE ABONADO
- CONCENTRACIÓN**

HANDOFF

- 1.- Selecciona una línea para el nuevo sitio que atenderá la llamada.
- 2.- Envía instrucciones al móvil para que se cambie del canal actual al que le seleccionen en el nuevo sitio.
- 3.-Establece una trayectoria de habla en la red de conmutación entre el sitio celular nuevo y la línea de entrada o salida.
- 4.- Libera la trayectoria de habla en la red de conmutación, entre el sitio celular anterior y la línea de entrada o salida.

DIMENSIONAMIENTO

- FLUJO DE TRAFICO

$$A=CXT$$

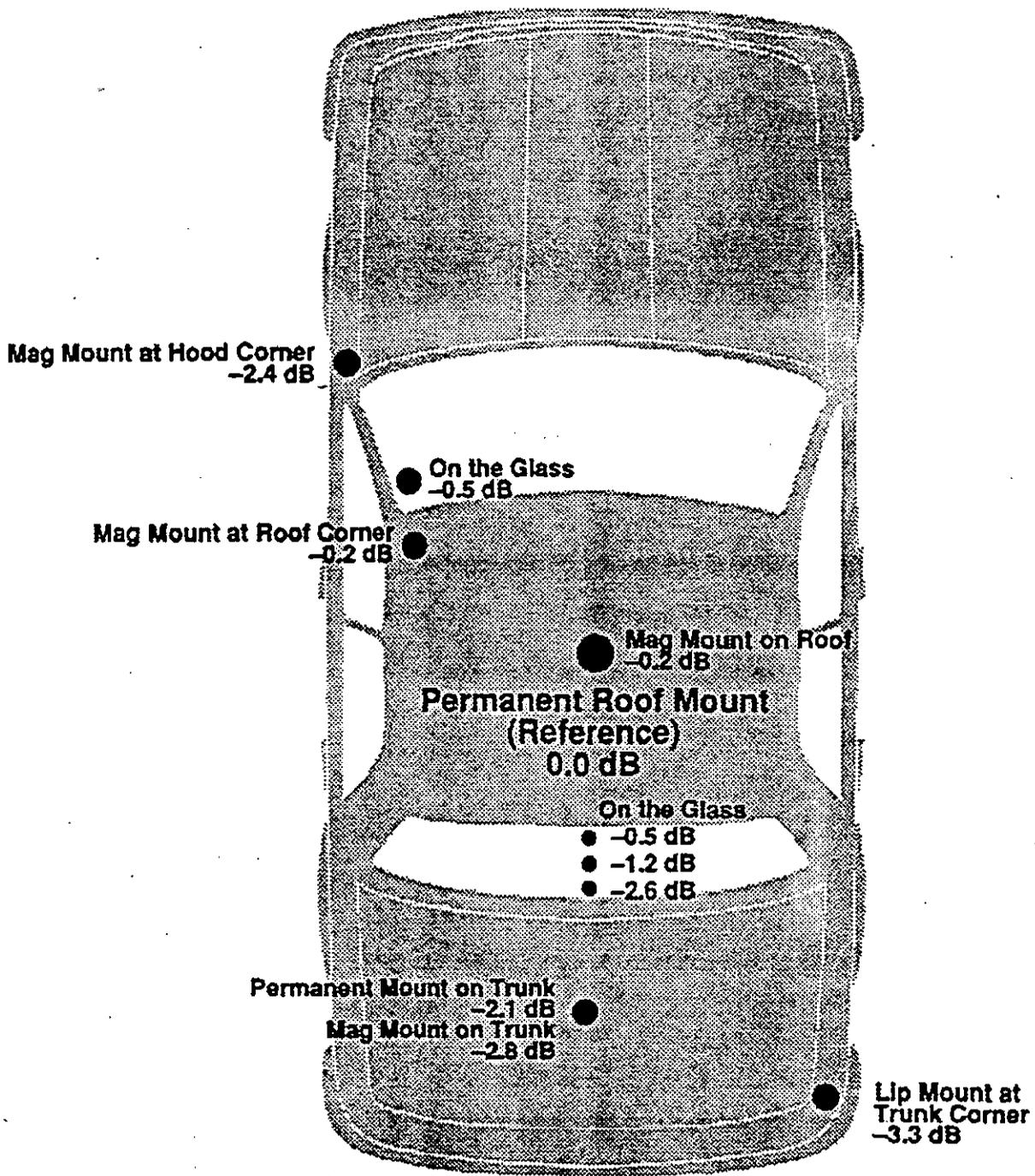
C.-Cantidad de llamadas por hora

T.-Duración promedio por llamada

La unidad de tráfico de la fórmula será llamadas-minuto o llamadas hora.

COMPARACION DE COMUNICACIONES DIGITALES Y ANALOGICAS

- Facilidad de señalización**
- Integración de transmisión y conmutación**
- Capacidad de regeneración de la señal**
- Operación con bajos porcentajes de señal a ruido/interferencia.**
- Encriptación.**



Cellular Antenna Placement, Showing Loss in dB

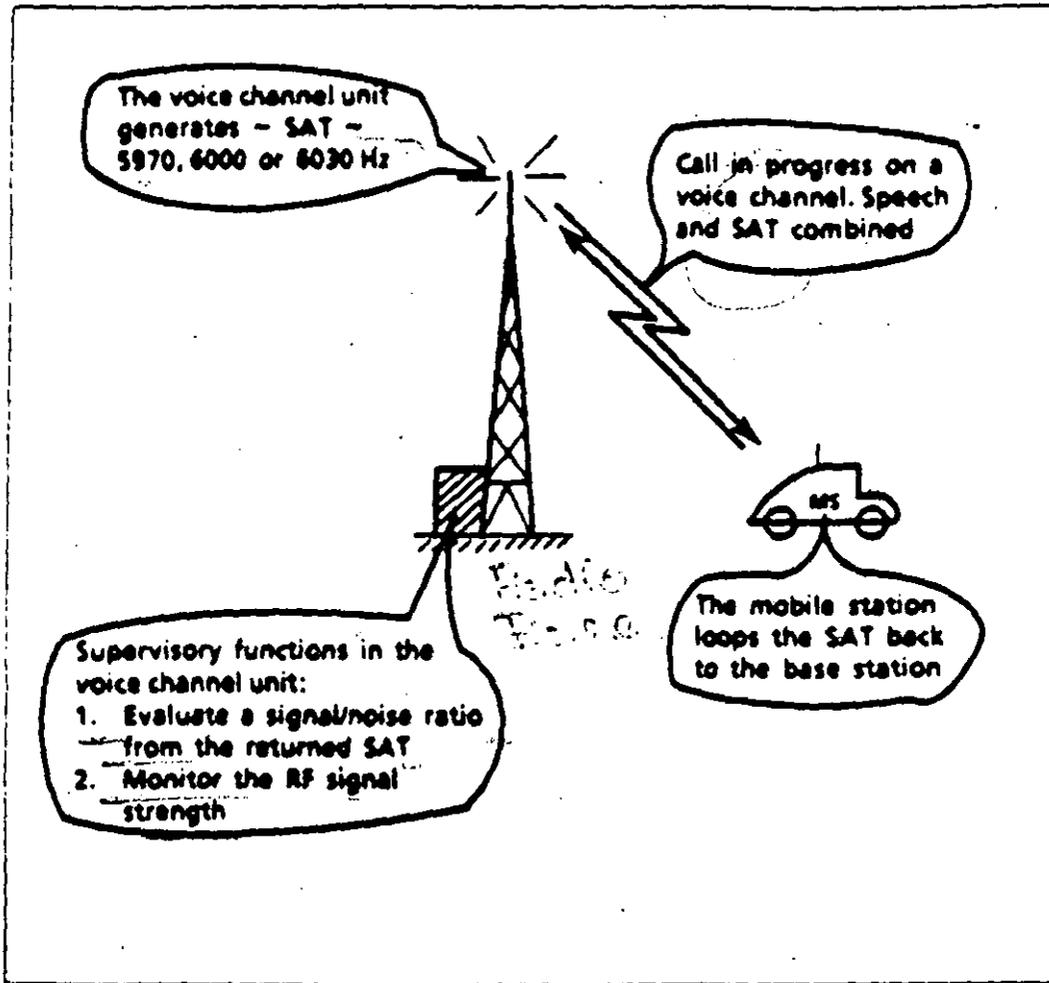


Figure 2.1.1 Call supervision

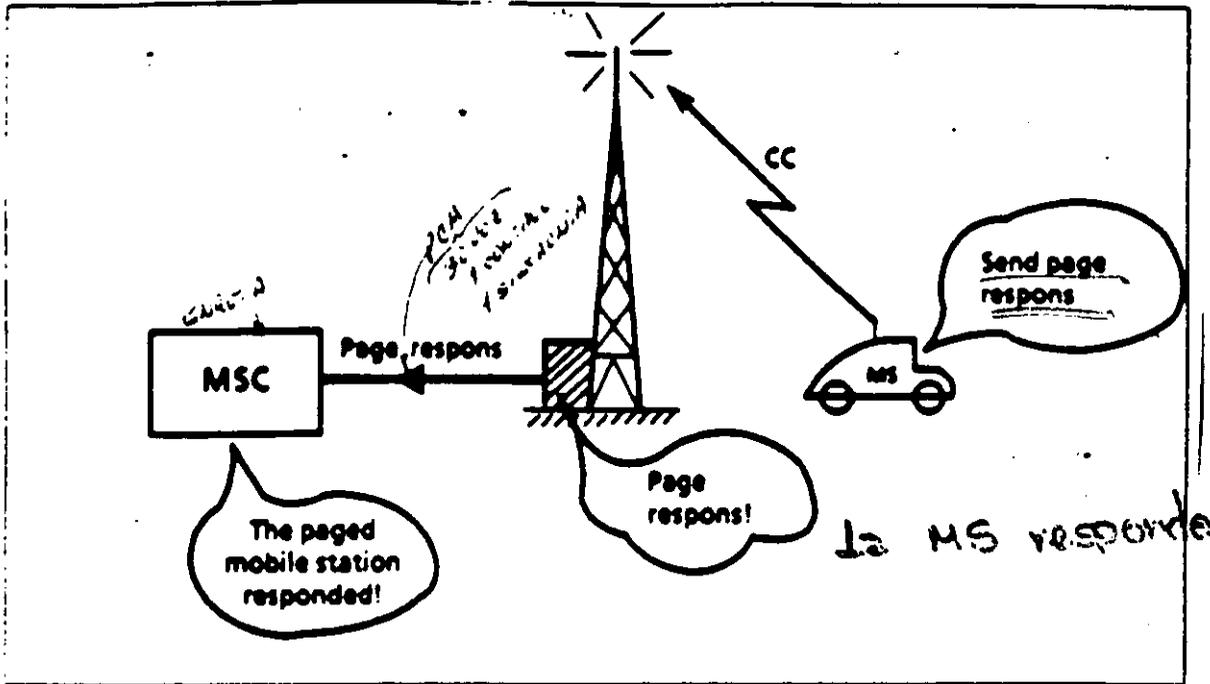


Figure 2.2.2

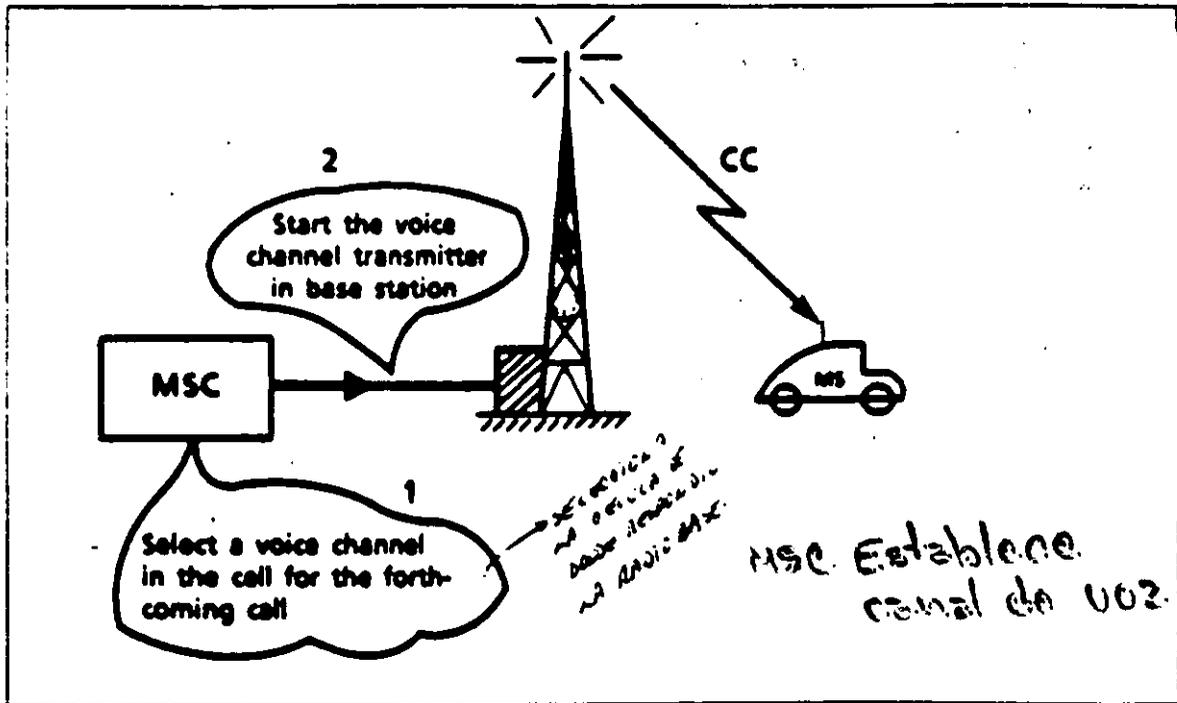


Figure 2.2.3

3: Inicio de la llamada

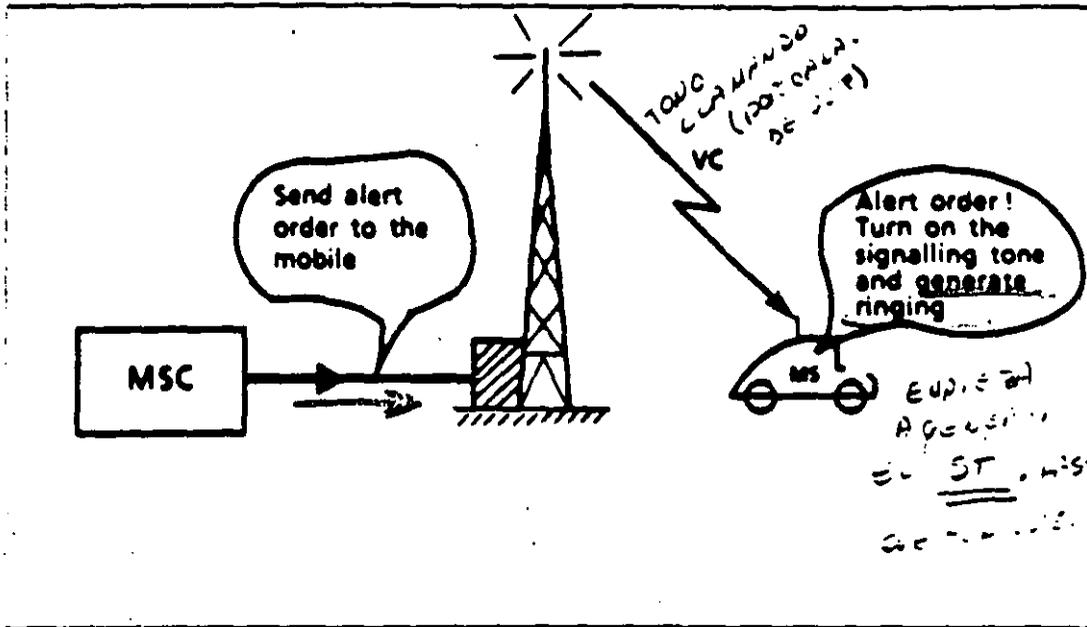


Figure 2.2.7

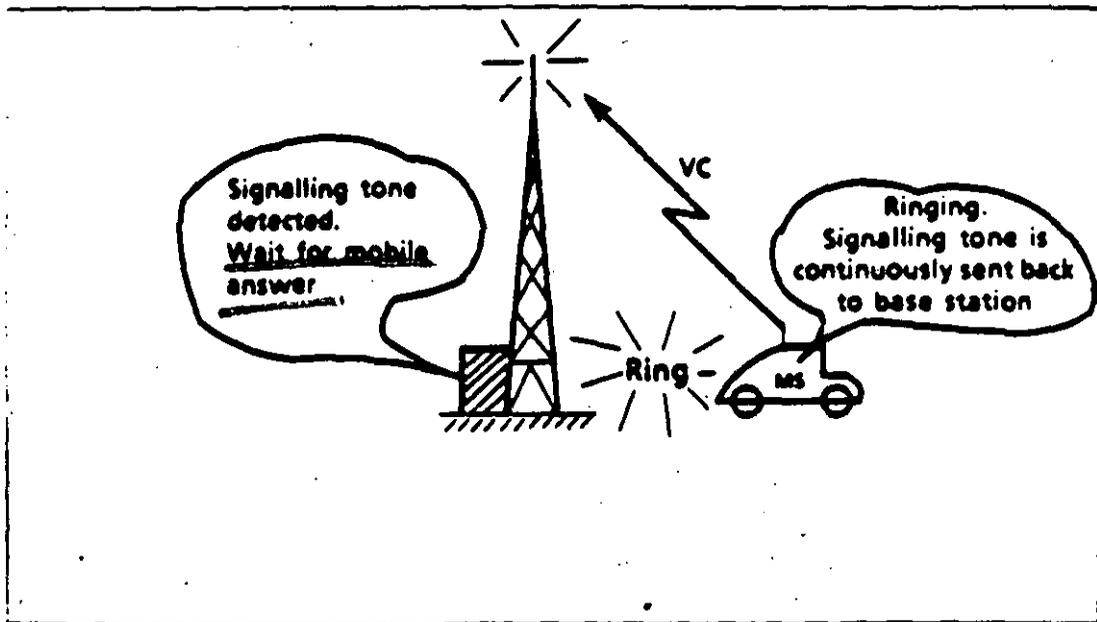


Figure 2.2.8

2.- Escucha del móvil

PROCESO DE UNA LLAMADA

1.-Registro

2.-Escucha del móvil.

3.-Inicio de la llamada

4.-Recepción de la llamada

5.-Entrega de la llamada a otra RBS (Handoff)

6.-Terminar la llamada

Sistema AMPS

Bandas 825-845 MHz (1)

870-890 MHz (2)

Separación entre canales

30 kHz.

1.- BANDA A

2.- BANDA B

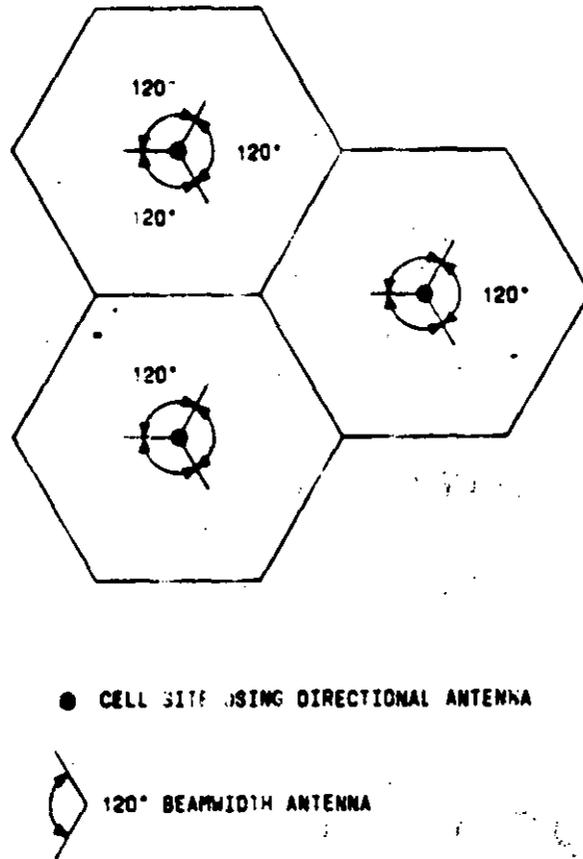
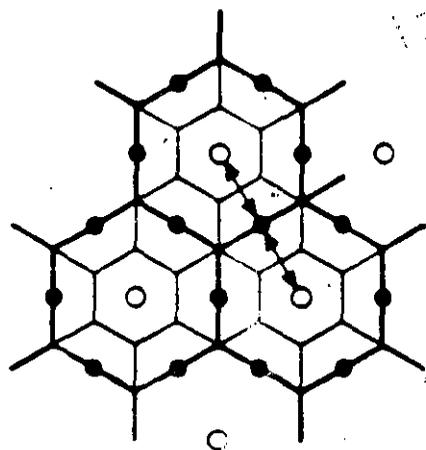
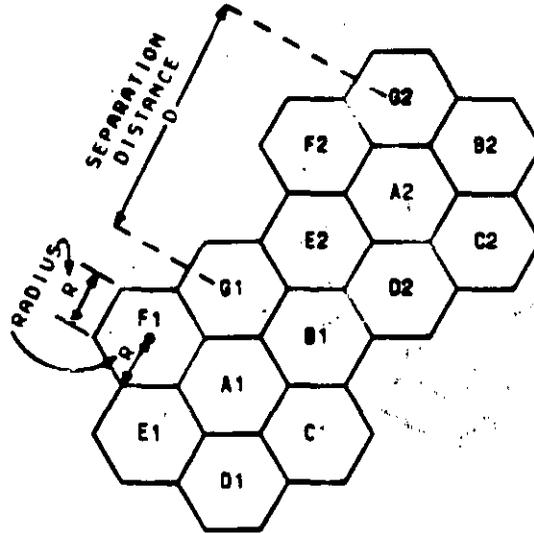


Figure 9-4—Cells Served by Directional Antennas



- ORIGINAL CELL SITE
- ORIGINAL CELLS (RADIUS R)
- NEW CELL SITE AT MIDWAY BETWEEN ORIGINAL SITES
- NEW CELLS (RADIUS 1/2 R)

Figure 9-6—Location of Cell Sites in Cell-Splitting Process



NOTE:

1. Seven-cell repeat pattern; $D/R = 4.6$ (seven channel sets: A-G). Each channel set is used twice (subscript 1,2). For example, channel set A is used in cells A1 and A2. This pattern is used in a growth configuration.

Figure 9-2—Cochannel Reuse Ratio (D/R)

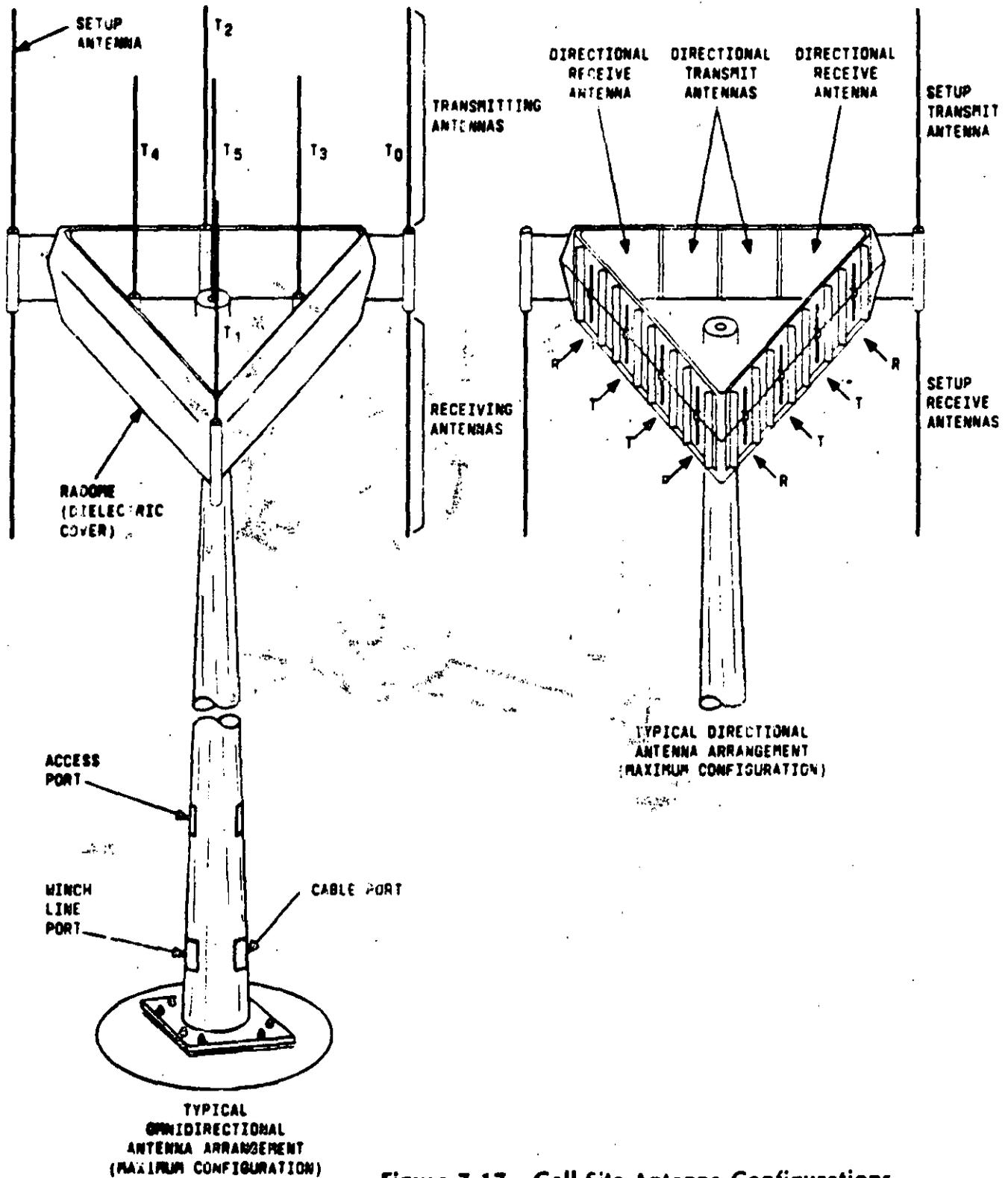


Figure 7-17—Cell Site Antenna Configurations

AT&T — PROPRIETARY — SEE NOTICE ON FIRST PAGE

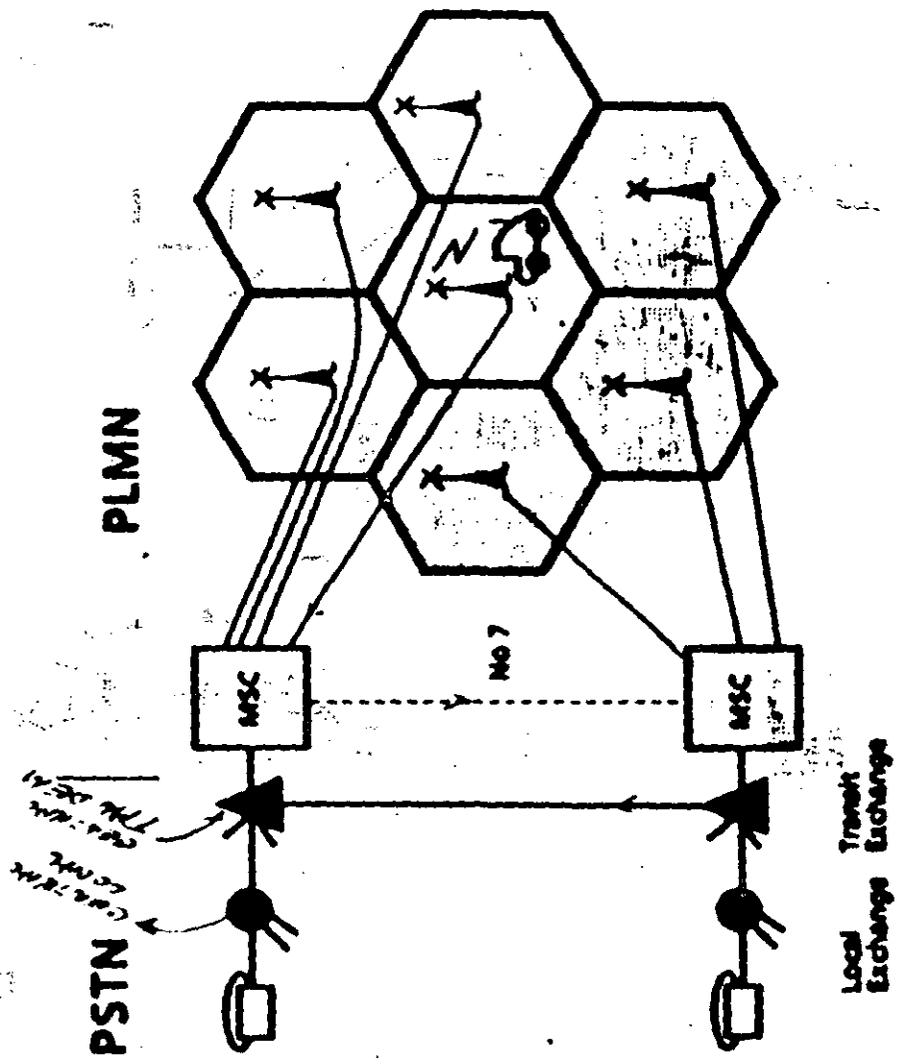
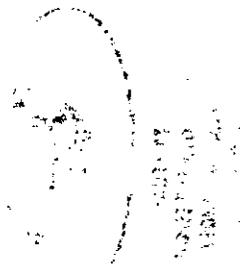


Figure 1.3.1 Public Land Mobile Network

87602-4



PLANES FUNDAMENTALES

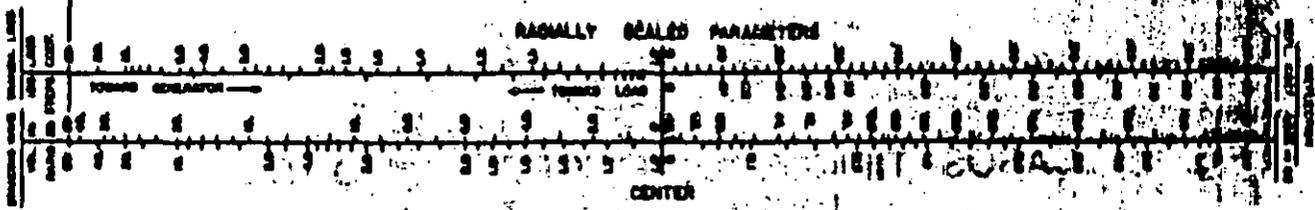
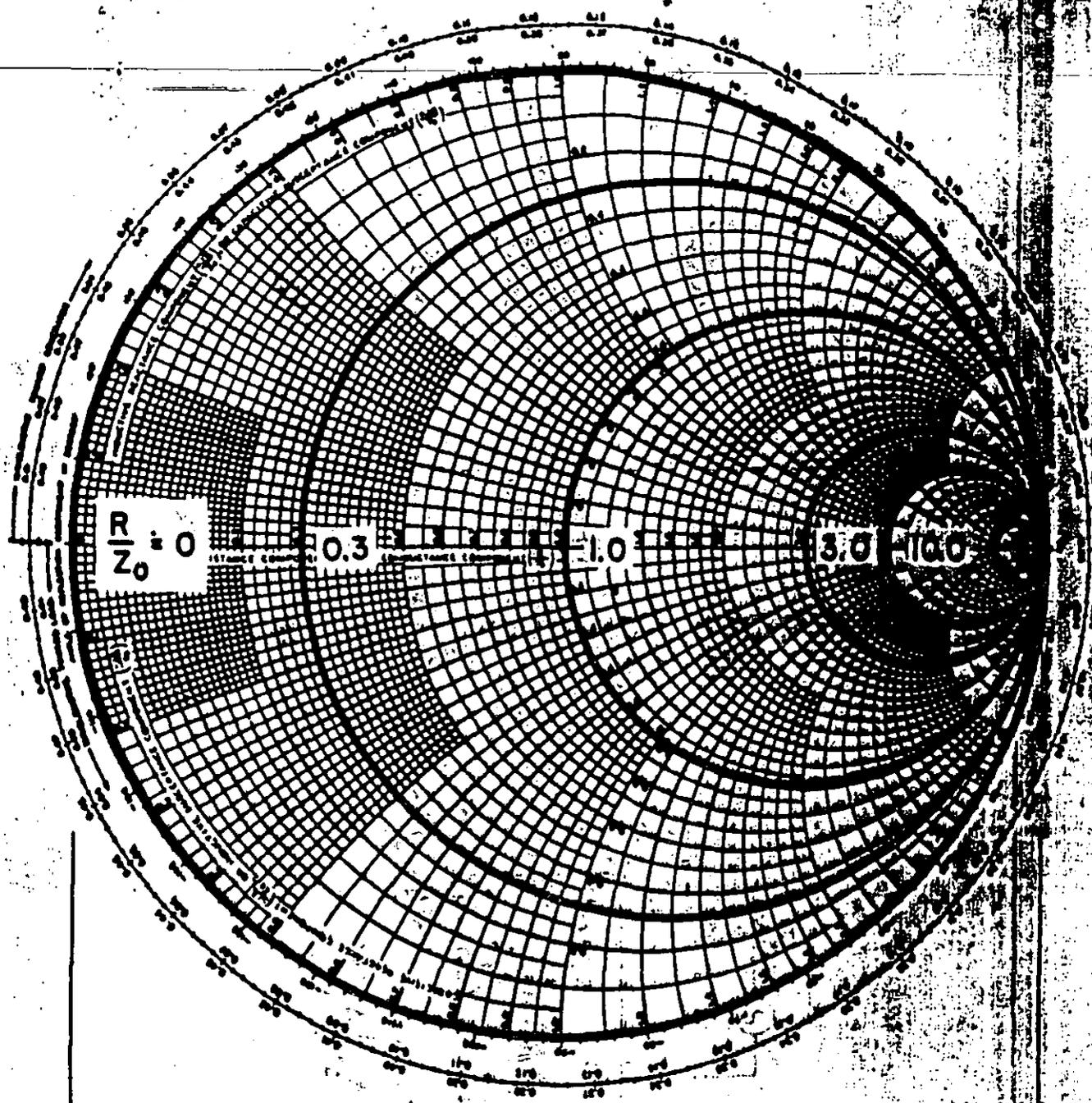
a) PLAN DE NUMERACION.

b) PLAN DE ENRUTAMIENTO O CONMUTACIÓN

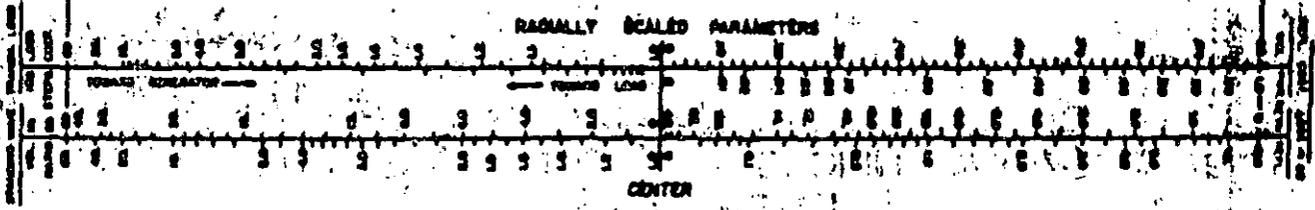
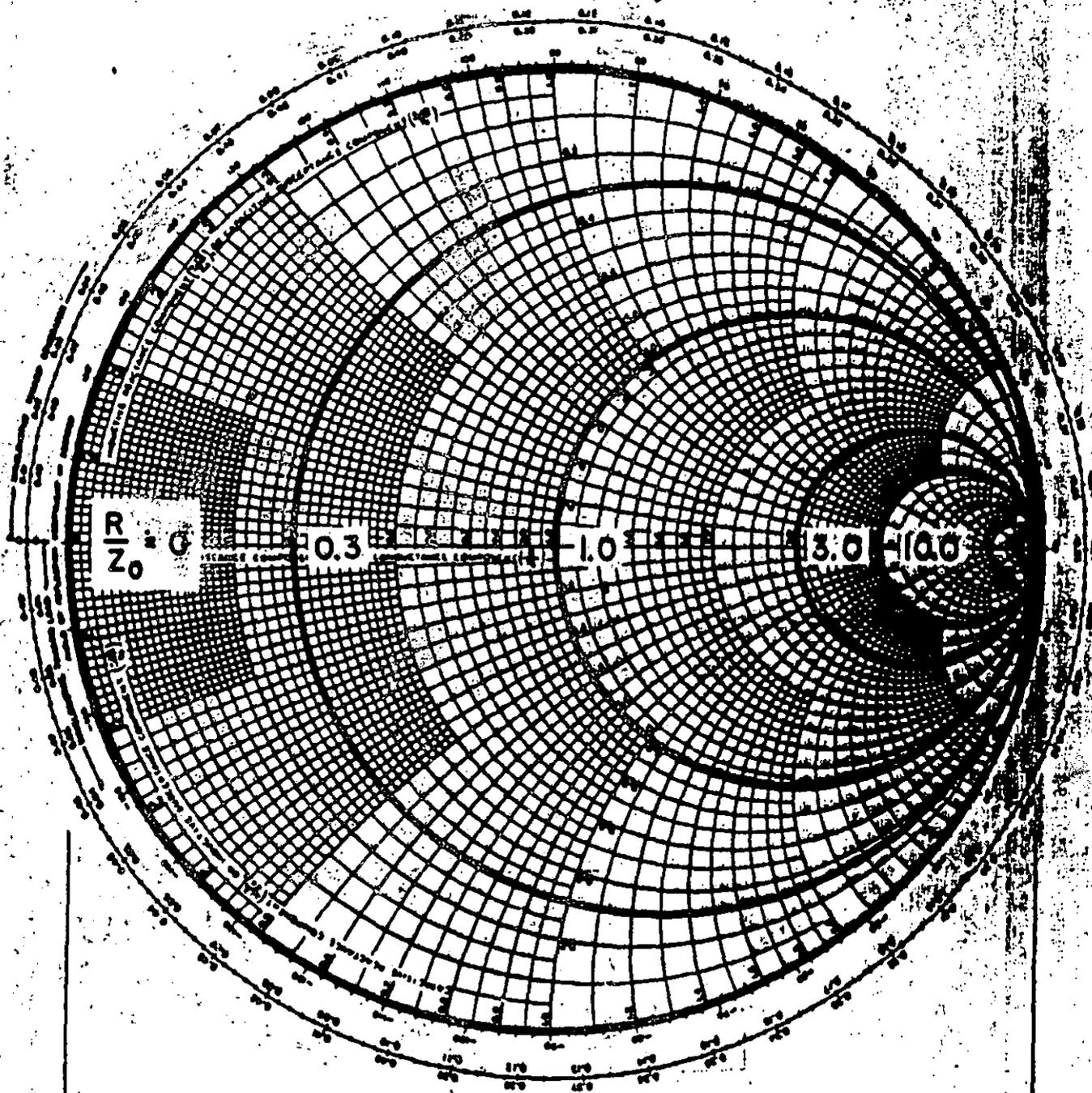
c) PLAN DE TRANSMISIÓN

d) PLAN DE SEÑALIZACIÓN

e) PLAN DE SINCRONIZACIÓN



LA CARTA DE SMITH



LA CARTA DE SMITH