

Ensayos

Receptor de audio y video

para un enlace optoelectrónico

Resumen

La señal luminosa recuperada se transforma en una señal electrónica y se procede a demulticanalizar a las señales de información por medio de un filtro pasa bajas, para recuperar el video en banda base, y un filtro pasa banda, para recuperar la portadora modulada en frecuencia. Las señales de audio y video recuperadas en banda base se reproducen en un televisor.

Abstract

The recovered luminous signal is transformed into an electronic signal and then the information signals are demultichannelled by means of a low-pass filter to recover the video in base band, and a band-pass filter to recover the frequency modulated carrier. The audio and video signals recovered in base band are reproduced on a television set.

Abstrait

Le signal lumineux récupéré se transforme en un signal électronique et procède à la démulti-canalisation des signaux d'informations par le biais d'un filtre, pour récupérer la vidéo en bande basse et un filtre passe bande pour récupérer le module porteur en fréquence.

Les signaux audio, vidéo récupérés en basse bande se reproduisent en un téléviseur.

Receptor

* Felipe de Jesús Rivera López

El receptor de FM está compuesto por: la etapa de demulticanalización, un demodulador de frecuencia, un circuito de de-énfasis, un circuito de control de tono y un circuito de control de volumen. En la Fig. 1 se muestra al receptor de FM.

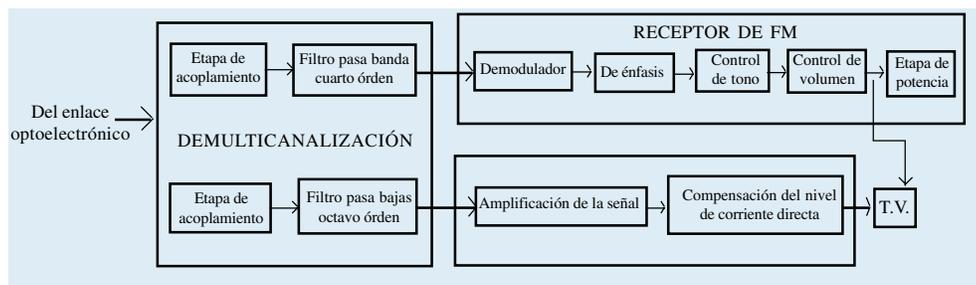


FIG. 1 ELEMENTOS DEL RECEPTOR DE FM PARA EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DISEÑADO.

1 Demulticanalización

La señal recibida se compone por la suma de una portadora modulada en frecuencia y una señal de video en banda base. El empleo de filtros para demulticanalizar es una opción para efectuar la separación de las señales recibidas. Otra manera de demulticanalizar la señal de FM es usando un mezclador.

* Profesor Investigador de la Universidad Tecnológica de la Mixteca

Se emplea un filtro pasa bajas de octavo orden, de tipo activo, y de respuesta Butterworth para recuperar la señal de video; y un filtro pasa banda de cuarto orden y de tipo activo, para recuperar la portadora modulada en frecuencia.

Filtro Pasa Bajas

El filtro pasa bajas diseñado se muestra en la Fig. 2.

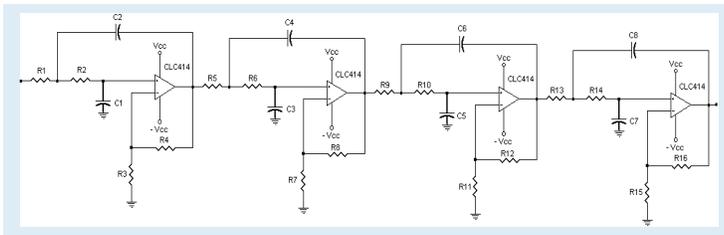


FIG. 2 FILTRO PASA BAJAS PARA OBTENER LA SEÑAL DE VIDEO.

Tomando como referencia la nota de aplicación OA-26 de National semiconductor [1] se encontraron los siguientes valores, ajustados a valores comerciales.

El amplificador operacional usado es el CLC414.

R1 = 150 Ω	R9 = 120 Ω	C1 = 82 pF
R2 = 762 Ω = (680 + 82) Ω	R10 = 503 Ω = (470 + 33) Ω	C2 = 82 pF
R3 = 2.2 K Ω	R11 = 2.2 K Ω	C3 = 82 pF
R4 = 1.5 K Ω	R12 = 1.5 K Ω	C4 = 82 pF
R5 = 180 Ω	R13 = 390 Ω	C5 = 82 pF
R6 = 680 Ω	R14 = 330 Ω	C6 = 82 pF
R7 = 2.2 K Ω	R15 = 2.2 K Ω	C7 = 82 pF
R8 = 1.5 K Ω	R16 = 1.5 K Ω	C8 = 82 pF

En la Fig. 3 se tiene la caracterización del filtro pasa bajas, donde se muestra su respuesta en frecuencia.

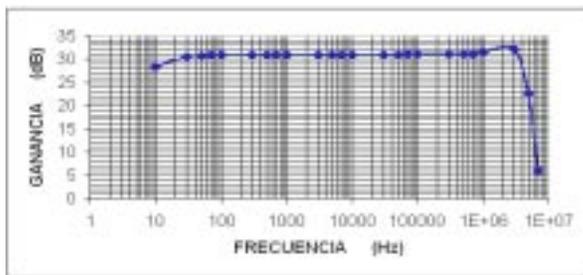


FIG. 3 RESPUESTA EN FRECUENCIA DEL FILTRO PASA BAJAS.

El filtro pasa bajas realizado es muy plano en su frecuencia de paso. Tiene un sobre tiro entre 2.5 y 3.0 MHz, sin embargo, éste no excede los 2 dB, por tanto,

las señales que se encuentren en este rango pertenecen a la banda pasante del filtro. El filtro corta su ancho de banda en los 4 MHz, porque en esa frecuencia existe una diferencia de 3 dB con respecto a la banda de paso plana.

Filtro Pasa Banda

Para recuperar la portadora modulada en frecuencia se construye un filtro pasa banda de cuarto orden. En la Fig. 4 se puede observar el diagrama del filtro.

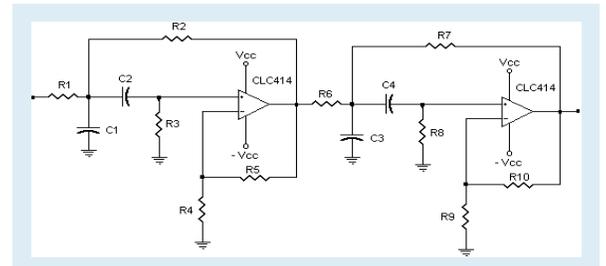


FIG. 4 FILTRO PASA BANDA PARA RECUPERAR LA PORTADORA DE 6.2 MHZ MODULADA EN FRECUENCIA.

Para diseñar el filtro, se usó como guía la teoría de la hoja de datos del Amp. Op. CLC426 [2], sin embargo, para construirlo se empleó el Amp. Op. CLC414, obteniendo los siguientes valores, ya ajustados a componentes comerciales.

R1 = 270 Ω	R6 = 270 Ω	C1 = 82 pF
R2 = 47 Ω	R7 = 47 Ω	C2 = 82 pF
R3 = 309 Ω	R8 = 309 Ω	C3 = 82 pF
resistor de precisión	resistor de precisión	
R4 = 1 K Ω	R9 = 1 K Ω	C4 = 82 pF
R5 = 1 K Ω	R10 = 1 K Ω	

En la Fig. 5 se puede observar la respuesta en frecuencia del filtro pasa banda.

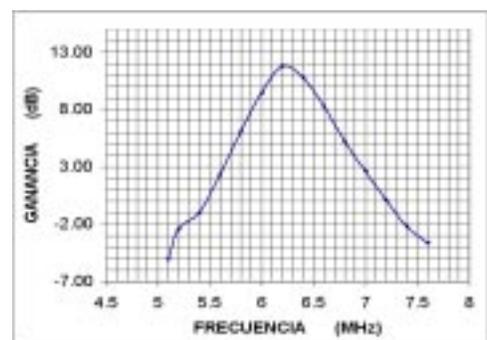


FIG. 5 RESPUESTA EN FRECUENCIA DEL FILTRO PASA BANDA.

La frecuencia central del filtro pasa banda está en 6.2 MHz, su ancho de banda va desde 5.9 hasta 6.5 MHz aproximadamente. El factor de calidad es de 10.2 y tiene una atenuación de 13.5 dB por cuarto de octava.

2 Demodulador Fm

El demodulador propuesto es un PLL, NE564 [3] de Philips, tiene la siguiente configuración interna, mostrada en la Fig. 6.

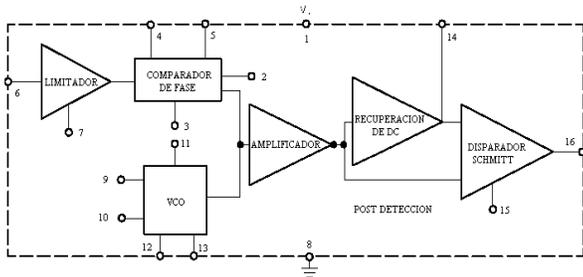


FIG. 6 COMPOSICIÓN INTERNA DEL NE564.

Un elemento importante en un receptor de FM es el circuito limitador, este circuito no se incorpora en el receptor porque está contenido en el circuito integrado NE564, tal como se observa en la Fig. 6.

El demodulador no presenta problemas en su construcción, sin embargo, como se necesita una estabilidad en la frecuencia, se le ha aunado la red observada entre los pines 12 y 13, tal como se muestra en la Fig. 7.

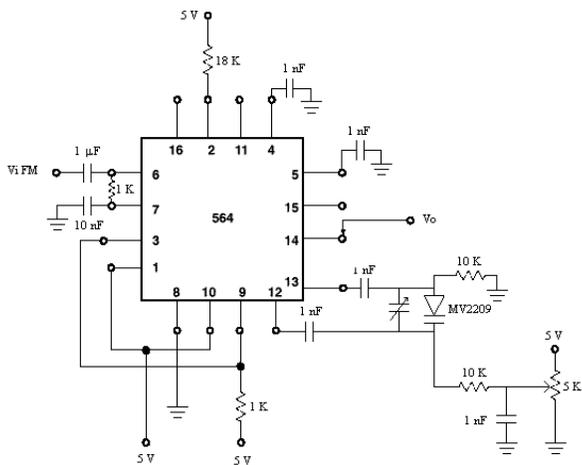


FIG. 7 MODO DE CONFIGURAR AL NE564 PARA DEMODULAR FM.

El capacitor variable puede modificar su capacitancia en el rango de 20 a 60 pF, este capacitor centra la

frecuencia de oscilación del PLL, con el potenciómetro de 5KW se realizan los ajustes finos de frecuencia.

En el pin 2 del NE564 se coloca un resistor de 18 KW para que el PLL tenga un rango de captura del 22% de su frecuencia central.

Diseño del Circuito de De-énfasis

El diseño del circuito de de-énfasis resulta sencillo de hacer, sólo se necesita colocar a los dispositivos calculados en el circuito de pre-énfasis en la forma indicada por la Fig. 8. Esto se hace porque se busca mantener la constante de tiempo del circuito de pre-énfasis.

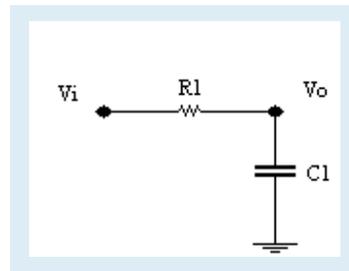


FIG. 8 CIRCUITO DE DE-ÉNFAZIS.

La función de transferencia del circuito de de-énfasis es:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{S + \frac{1}{R_1 C_1}} \quad (1)$$

Los valores para R1 y C1 son:

$$R_1 = 60 \text{ KW}$$

$$C_1 = 1.2 \text{ nF}$$

La respuesta en frecuencia del circuito de de-énfasis se muestra en la Fig. 9

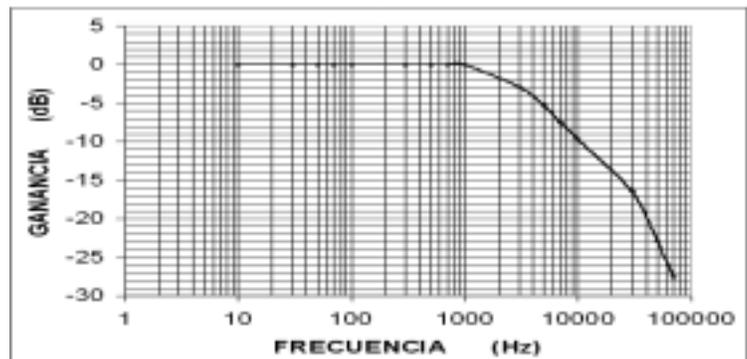


FIG. 9 RESPUESTA EN FRECUENCIA DEL CIRCUITO DE DE-ÉNFAZIS

El circuito de de-énfasis es un filtro pasa bajas y trabaja de manera inversa a la etapa de pre-énfasis, a partir de 1 KHz empieza a atenuar la señal de audio 10 dB por década, hasta los 30 KHz, por tanto cubre el rango de las audiodfrecuencias. Realizado este tratamiento a la señal de información, se le acopla al circuito de control de tono.

3 Control de Tono

La respuesta en frecuencia del micrófono se desconoce, por tanto, se decidió aunarle al sistema un control de tono, enfatizando o de-enfatizando cierto rango del espectro de las audiodfrecuencias, y así lograr una mejor calidad en la reproducción del audio recuperado. En la Fig. 10 se tiene el circuito que realiza esta función y en la Fig. 11 se muestra su caracterización.

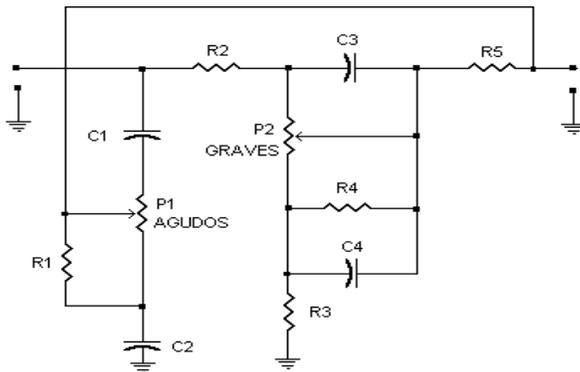


FIG. 10 RED PASIVA DE CONTROL DE TONOS DE LA EMPRESA PHILIPS.

Este control de tonos fue utilizado por la empresa Philips, para la construcción de un pre-amplificador de excelentes características, con el objeto de excitar etapas de potencia.

La Fig. 11 muestra la caracterización de cuatro posibles combinaciones de corrección (serie 1 a 4) del espectro de las audiodfrecuencias de la señal recuperada.

Las diferentes series se generaron considerando los valores extremos de los potenciómetros P1 y P2 de la Fig. 10.

Serie 1: Paralelo máximo entre R1 y P1, con paralelo máximo entre R4 y P2.

Serie 2: Paralelo máximo entre R1 y P1, con paralelo mínimo entre R4 y P2.

Serie 3: Paralelo mínimo entre R1 y P1, con paralelo máximo entre R4 y P2.

Serie 4: Paralelo mínimo entre R1 y P1, con paralelo mínimo entre R4 y P2.

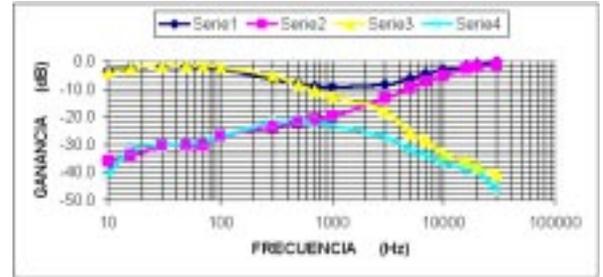


FIG. 11 RESPUESTA EN FRECUENCIA DEL CIRCUITO DE CONTROL DE TONO.

Nótese que es posible efectuar correcciones de frecuencia hasta por -40 dB, es decir, para una señal de 1 Vpp se puede atenuar hasta 10 mVpp.

4 Tratamiento a la Señal de Video (Receptor)

Una vez demulticanalizada la señal de video sólo resta tener un control de amplificación de la señal, así como tener una etapa de control de corriente directa (CD). Estas etapas son las que constituyen al bloque llamado tratamiento de la señal de video, éste se muestra en la Fig. 12.



FIG. 12 BLOQUE DEL TRATAMIENTO A LA SEÑAL DE VIDEO DEL RECEPTOR.

Amplificador de la Señal de Video

La ventaja de disponer de amplificadores operacionales de un gran ancho de banda permite tener un amplificador variable no inversor para la señal de video en banda base, tal como se muestra en la Fig. 13 A), y su respuesta en frecuencia se muestra en la Fig. 13 B).

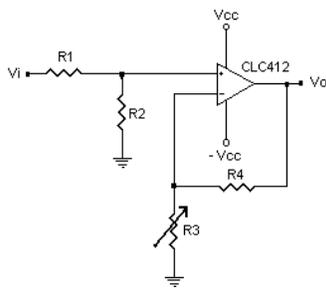


FIG. 13 A) CIRCUITO AMPLIFICADOR DE LA SEÑAL DE VIDEO, NO INVERSOR

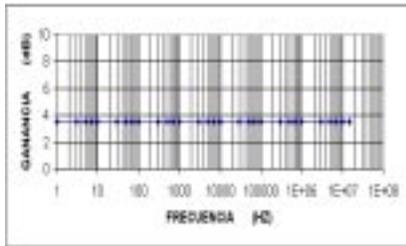


FIG. 13 B) RESPUESTA EN FRECUENCIA DEL AMPLIFICADOR DE VIDEO.

Este amplificador tiene una respuesta muy plana, y lo más importante es que puede mantener esta ganancia estable en todo el rango de frecuencias de la señal de video. El circuito no es complicado, este amplificador ejemplifica una ventaja de emplear un amplificador operacional de banda ancha.

Para construir el amplificador se hizo uso del amplificador operacional CLC412 [4], bajo la configuración no inversora. Los valores calculados y ajustados a los valores comerciales son:

- R1 = 680 Ω
- R2 = 1 K Ω
- R3 = 5 K Ω Potenciómetro multivoltas
- R4 = 220 Ω

Compensación de nivel de corriente directa

Este circuito se hace con un potenciómetro multivoltas y con el amplificador operacional CLC446 [5], en su configuración no inversora. Ver Fig. 14. La respuesta en frecuencia es idéntica a la Fig. 13 B), es decir, plana en toda su banda de paso, por tanto, no afecta la amplitud de la señal de video pasante por el circuito compensador de corriente.

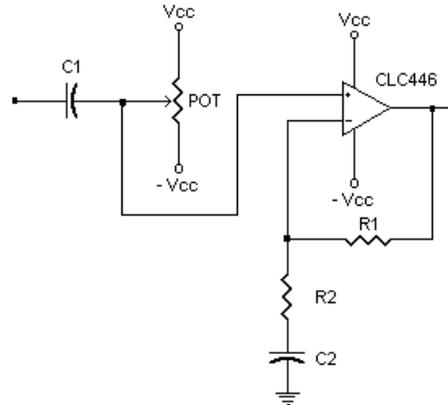


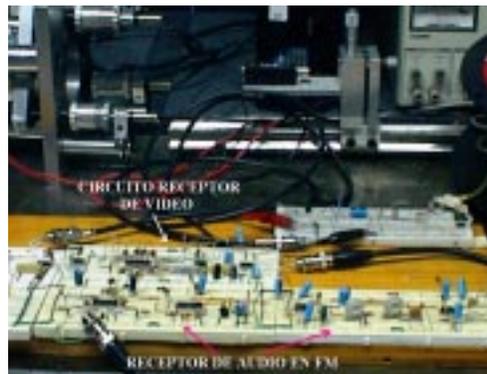
FIG. 14 CIRCUITO COMPENSADOR DE NIVEL DE CORRIENTE DIRECTA.

Este circuito se construye con la finalidad de proporcionar un nivel de corriente continua a la señal de video para su correcta reproducción.

Los dispositivos de la Fig. 14 fueron calculados y ajustados a sus valores comerciales, y son:

- C1 = C2 = 10 mF
- POT = R1 = 1 K Ω
- R2 = 200 Ω

En la fotografía 1 se muestra el receptor de audio y video. En las dos tablas de prototipo, que se observan en la parte inferior de la misma es el receptor de audio y en la tabla de prototipo que se encuentra inmediatamente arriba es el receptor de video.

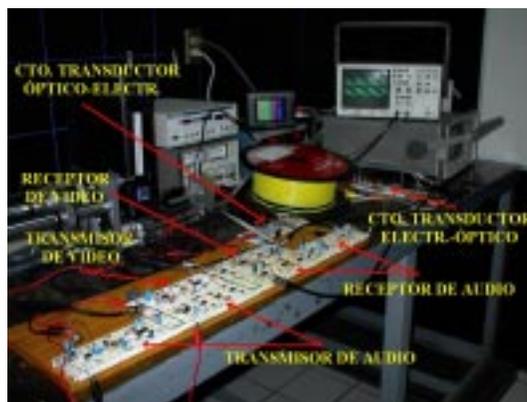


FOTOGRAFÍA 1 RECEPTOR DE AUDIO Y VIDEO.

5 Prueba Experimental de Transmisión

En la fotografía 2 se muestra todo el sistema transmisor-receptor de audio y video, así como el enlace

optoelectrónico. Para el lector que haya leído los dos números anteriores de ésta revista estará enterado de que en ésta sección se evaluará al sistema completo. En el osciloscopio se observa la señal de video recuperada y transmitida. La señal recuperada se está reproduciendo en la TV, localizada en la parte izquierda del osciloscopio.



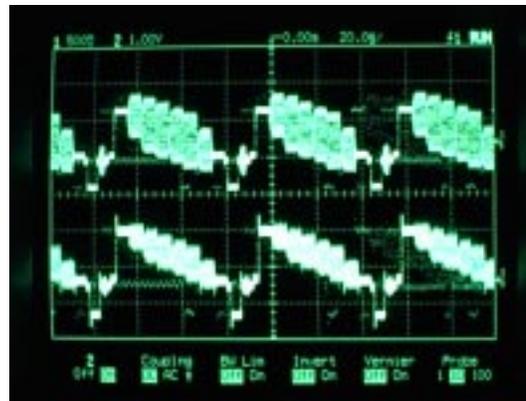
FOTOGRAFÍA 2 SISTEMA COMPLETO, TRANSMITIENDO Y RECUPERANDO UNA SEÑAL DE VIDEO Y AUDIO.

En la fotografía 3 se hace un acercamiento al osciloscopio que muestra la señal de video, transmitida y recuperada. El televisor que está sobre el osciloscopio, reproduce la señal recuperada. Ésta consiste en una señal de barras horizontales de color.



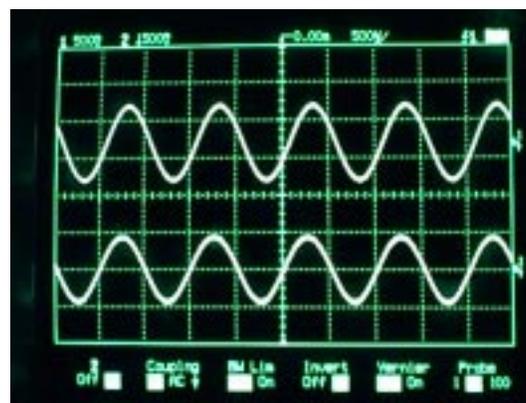
FOTOGRAFÍA 3 REPRODUCCIÓN DE LA SEÑAL RECUPERADA.

En la fotografía 4 se muestra un acercamiento a la pantalla del osciloscopio. En la parte superior se muestra la señal de video transmitida (barras horizontales de colores), y en la parte inferior se muestra la señal de video recuperada.



FOTOGRAFÍA 4 SEÑAL DE VIDEO TRANSMITIDA (ARRIBA), SEÑAL DE VIDEO RECUPERADA (ABAJO).

En la fotografía 5 se muestra la señal de audio transmitida y recibida (señal de tono de 1 KHz).



FOTOGRAFÍA 5 SEÑAL DE TONO DE 1 KHZ TRANSMITIDA (ARRIBA) Y RECUPERADA (ABAJO.)

Las características del sistema transmisor-receptor de audio y video, así como del enlace optoelectrónico son:

CARACTERÍSTICA	VALOR
Voltaje de la portadora	1 V _{pp}
Frecuencia de la portadora	6.2 MHz
Voltaje máximo de la señal modulante	1 V _{pp}
Rango de frecuencias transmitidas	2.5 Hz a 20 KHz
Sensibilidad del modulador	3.77 rad MHz / V
Índice de modulación (tono de 20 KHz)	15
Desplazamiento pico de freq. (tono de 20 KHz)	300 KHz
Ancho de banda (Regla de Carson)	640 KHz
Ancho de banda (Bandas laterales)	760 KHz
Ancho de banda del sistema	6.52 MHz

Impedancia de entrada	75 Ω
Impedancia de salida	75 Ω
Voltaje de entrada de audio	1 V _{pp}
Voltaje de salida de audio (ajustable)	1 V _{pp}
Voltaje de entrada de video	1 V _{pp}
Voltaje de salida de video (ajustable)	1 V _{pp}
Relación señal a ruido S/N	71.0 dB
Relación señal a ruido S/N	50 dB

TABLA 1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA TRANSMISOR-RECEPTOR DE AUDIO Y VIDEO.

6 Conclusiones Generales

Se ha diseñado y construido un sistema optoelectrónico para la transmisión multicanalizada de señales de audio y video.

El audio que se incorpora al sistema optoelectrónico, modula en frecuencia a una portadora de 6.2 MHz. El modulador de FM es de banda ancha, ya que tiene un índice de modulación de 15. Éste se construye a partir de un VCO de circuito integrado de la compañía Motorola (MC1376). El demodulador es un PLL de circuito integrado de la compañía Philips (NE564).

Todo el rango de audiofrecuencias se puede transmitir y recuperar, por tanto, el sistema de audio se considera de alta fidelidad.

El enlace optoelectrónico emplea una fibra óptica, con una longitud de 500m y una atenuación de 0.4 dB/Km. Por tanto, la señal transmitida sólo es atenuada por las pérdidas causadas por dos conectores ópticos. La atenuación es de aproximadamente 5.82 dB. La fibra óptica usada no afecta de manera determinante en el sistema construido por su corta longitud.

La relación señal a ruido calculada (71.59dB) contra la señal a ruido medida (50dB) muestra una gran diferencia. Por lo general, los cálculos de este parámetro son halagadores, sin embargo, en las mediciones debe considerarse que tanto el transmisor como el receptor fueron alimentados por las mismas fuentes, entonces, el ruido generado por cada etapa es distribuido a todo el sistema por las líneas de alimentación. Además el sistema fue construido sobre tablas de proyecto prototipo, como se puede observar en las diferentes fotografías mostradas, por tanto, es útil hacer pruebas del sistema con su circuito impreso, de esta manera se mejorará la relación señal a ruido experimental.

El sistema, en general, funciona satisfactoriamente, por tanto, si a este sistema se le auna un dispositivo que permita la distribución de la señal luminosa a varias fibras ópticas, entonces pueden realizarse teleconferencias, o tener aplicaciones en televigilancia. Por usarse fibra óptica como canal, el sistema puede ser usado en lugares donde haya sustancias inflamables ya que la fibra óptica al guiar una señal luminosa no presenta posibilidades de generar un incendio al romperse la fibra óptica. Además, por ser un dieléctrico, la fibra óptica no es afectada por ninguna fuente de ruido electromagnético. Las aplicaciones no sólo son con fibra óptica, porque si se inyecta la señal electrónica multicanalizada de audio y video a un modulador de A.M. de banda residual, se puede transmitir la señal inalámbricamente y se incrementan las posibilidades de aplicar el sistema construido **1**

7 Referencias

- [1] NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION.
"Application Note OA-26 Designing High Speed Active Filters", <http://www.national.com/search/search.cgi/main?keywords=,OA-26>.
- [2] NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION.
1996 "Comlinear CLC426 Wideband, Low-noise, Voltage Feedback Op Amp", august pp. 1-6, <http://www.national.com/pf/CL/CLC426.html>
- [3] PHILLIPS SEMICONDUCTORS .
"Phase-locked loop NE/SE564", pp. 1-9, <http://www-us.semiconductors.philips.com/pip/NE564D>
- [4] NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION
" CLC412 Dual Wideband Video Op. Amp.", pp.1-12 <http://www.national.com/pf/CL/CLC412.html>
- [5] NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION
"Comlinear CLC446 400 MHz, 50 mW Current-Feedback Op. Amp.", pp 1-10, <http://www.national>