

TRABAJO PRACTICO N°4

MODULACION

Integrantes:

- Bono, Luciano
- Burín, Leandro
- Echeluze, Juan
- Hernández, Julio
- Zurita, Raúl

Curso: 5R1



Enunciados

1. Diseñar e implementar **2 moduladores**. - La selección del tipo de modulador, y la banda de trabajo queda a selección del alumno. El modulador de doble banda lateral con portadora suprimida y AM con el MC1496 (modulador balanceado/demodulador) no se permite utilizar, si se ha utilizado en la cátedra de Comunicaciones.

Especificaciones:

Modulador 1		Modulador 2	
A. Tipo de modulación		A. Tipo de modulación	
B. f_c		B. f_c	
C. ΔW		C. ΔW	
D. V_{cc}		D. V_{cc}	
E. R_L		E. R_L	
F. P_L		F. P_L	

2. Efectuar las siguientes mediciones:

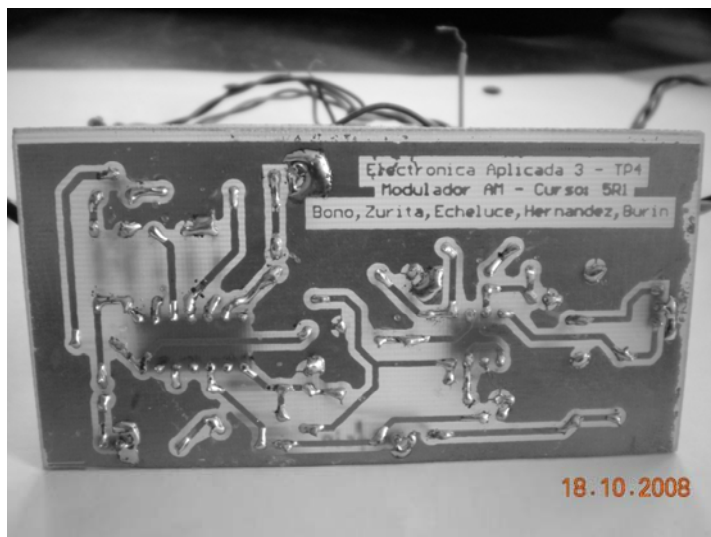
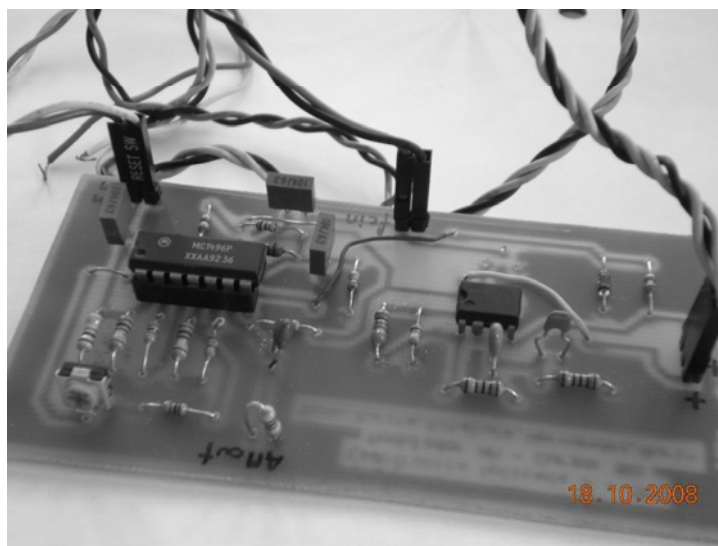
A. Medir y graficar la tensión de salida en función del tiempo. Graficar la variación de la portadora en función de la tensión (si es un VCO, por ejemplo) y la variación de la portadora en función de la señal modulante. Medir el índice de modulación o dibujar las formas de onda para distintos índices de modulación. No todos los métodos de modulación requerirán las mismas mediciones, por lo que se deberá utilizar el criterio de mostrar todas las posibilidades aplicables

B. Potencia máxima aplicada a la carga, o potencia en función de las variaciones de la carga.

Nota: Deberá implementarse en plaqueta impresa de fibra de vidrio. En lo posible, tratar de registrar el número del grupo. Si se implementa un modulador de FM en VHF, deberá utilizarse, además, un blindaje para evitar interferencias, y los capacitores fijos deberán ser de mica-plate. Se requerirá el informe con todas las hojas de datos.



Modulador AM

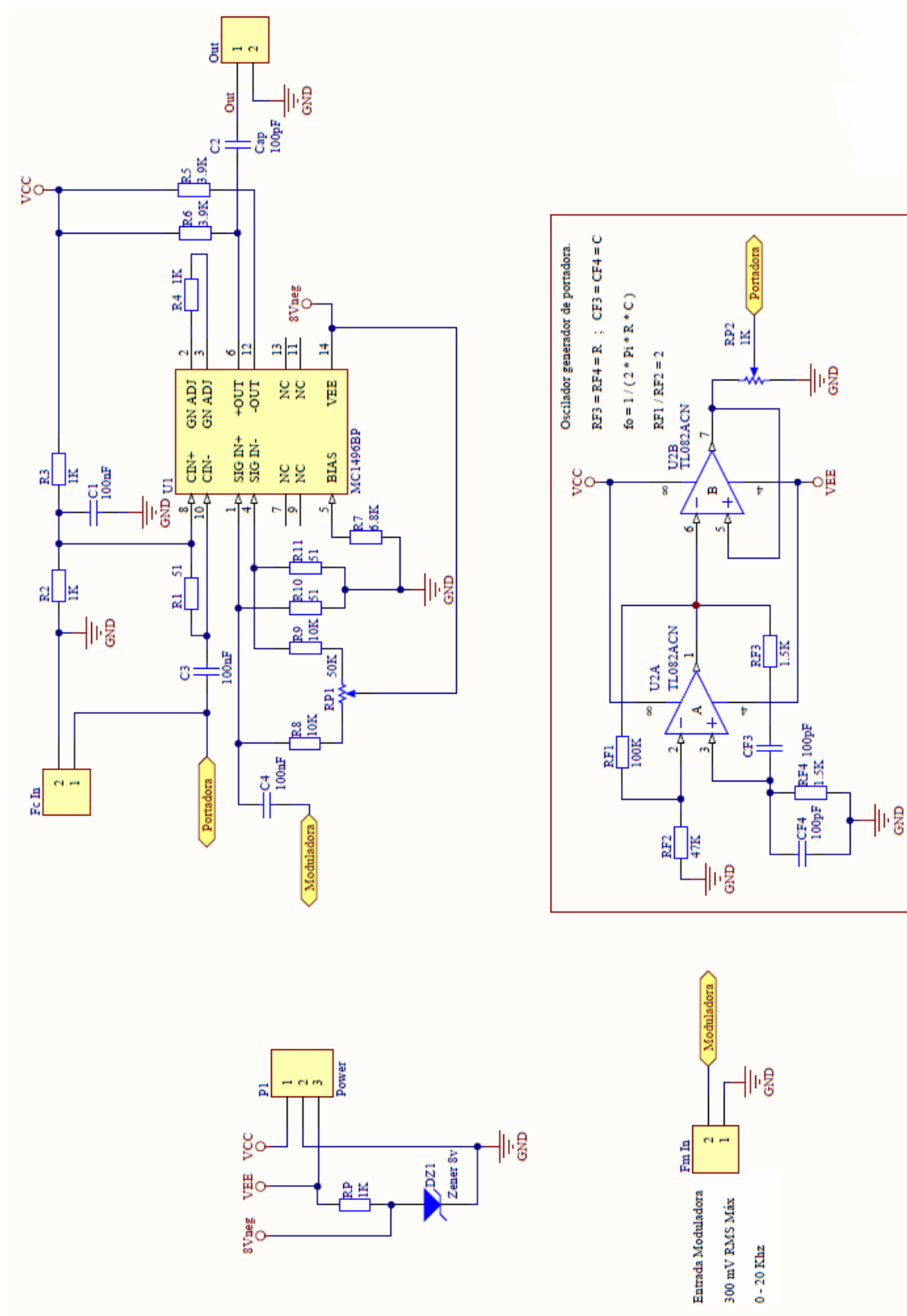


Para implementar este modulador utilizamos el circuito integrado MC1496, en la topología de modulador balanceado. Las especificaciones en este caso son las siguientes:

<u>Modulador AM</u>	
A. Tipo de modulación	AM
B. f_c	1 Mhz
C. f_m	100 Khz
D. ΔW	200 Khz.
E. V_{cc}	+12 <> -8 v
F. R_L	100 Ω
G. P_L (medido en FFT)	25,6 mW

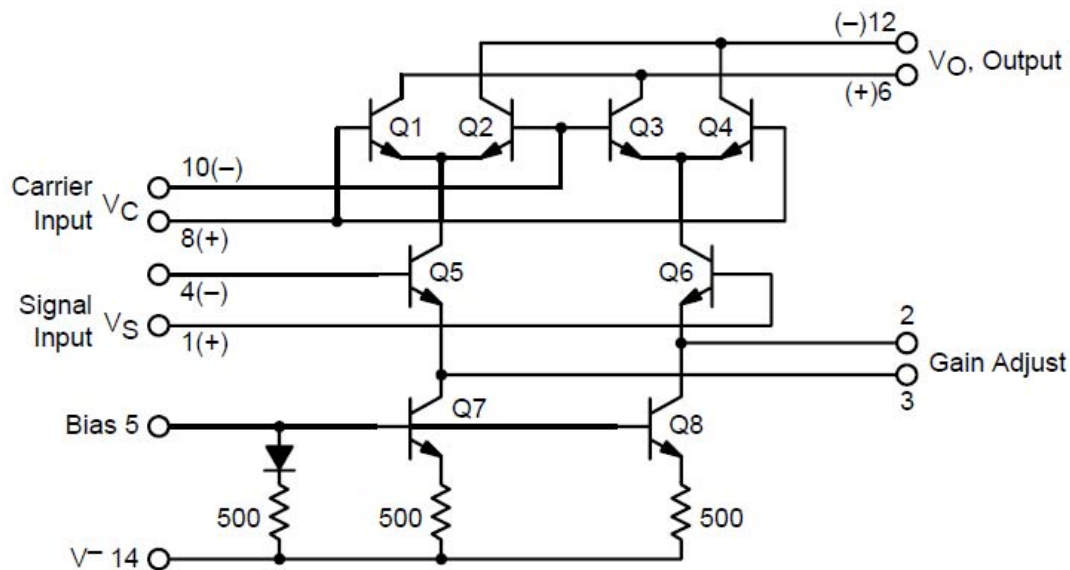


Circuito:





Circuito equivalente MC1496:



Principio de funcionamiento

En el esquemático completo vemos la configuración del MC1496 funcionando como modulador balanceado, alimentado con una fuente partida de +12v y -8v. Para analizar su comportamiento nos referimos al circuito equivalente que consiste en un amplificador diferencial Q5 – Q6 que excita al diferencial dual formado por los transistores Q1, Q2, Q3 y Q4.

Los transistores Q7 y Q8 funcionan como fuente de corriente constante para el amplificador diferencial inferior Q5 – Q6.

El análisis de operación del MC1496 está basado en la capacidad del dispositivo para entregar una salida que es proporcional al producto de los voltajes de entrada VX y VY. Esto es cierto cuando las magnitudes de VX y VY son mantenidas dentro de los límites de operación lineal de los tres amplificadores diferenciales en el dispositivo. Expresado matemáticamente, el voltaje de salida (en realidad, la corriente de salida, que es convertida a una tensión por una resistencia de carga externa), VO es dado por:

$$V_o = K \cdot V_x \cdot V_y$$

Donde la constante K es ajustada externamente.

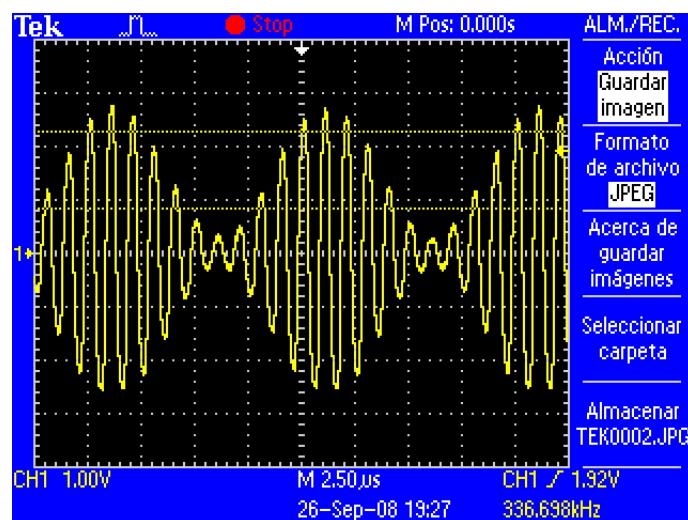
Podemos obtener muy buena ganancia y supresión de portadora (ver gráficos en la hoja de datos) haciendo que los amplificadores diferenciales de entrada de portadora, conformados por Q1, Q2, Q3 y Q4 trabajen muy cercanos a la zona de saturación, y el amplificador diferencial de entrada de señal modulante, formado por Q5 y Q6 se encuentre en zona lineal. Los niveles de señal recomendados en la hoja de datos del dispositivo son de **60mV_{RMS}** para la portadora, y **100mV_{RMS}** para la señal modulante, pero en la práctica tuvimos que aplicar niveles mayores, por lo cual la señal de entrada de portadora fue colocada en **200mV_{pp}** y la señal modulante fue acotada a un máximo de



400mV_{pp} , para evitar sobre modulación. Además fue necesario aplicar un nivel de offset de -100mV a la misma para disminuir el índice de modulación.

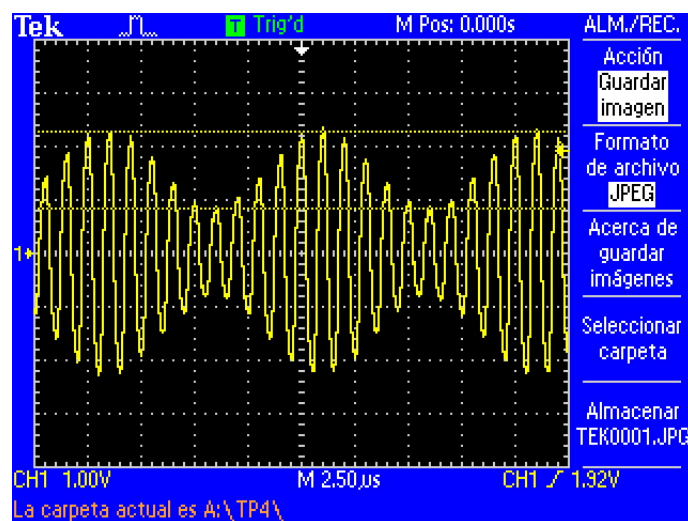
Para generar la señal portadora se decidió implementar un oscilador con un operacional **TL082**, pero tuvimos problemas al no poder exceder una frecuencia de **100Khz**, sin que el nivel de distorsión de la señal generada no fuera apreciable, esto debido al limitado ancho de banda de este operacional, por esto decidimos utilizar una señal portadora generada con los instrumentos del laboratorio. El preset de **50 K Ω** es utilizado para balancear el nivel de offset del amplificador diferencial de señal modulante.

Para los niveles de señal modulante antes mencionados, pudimos observar lo siguiente:

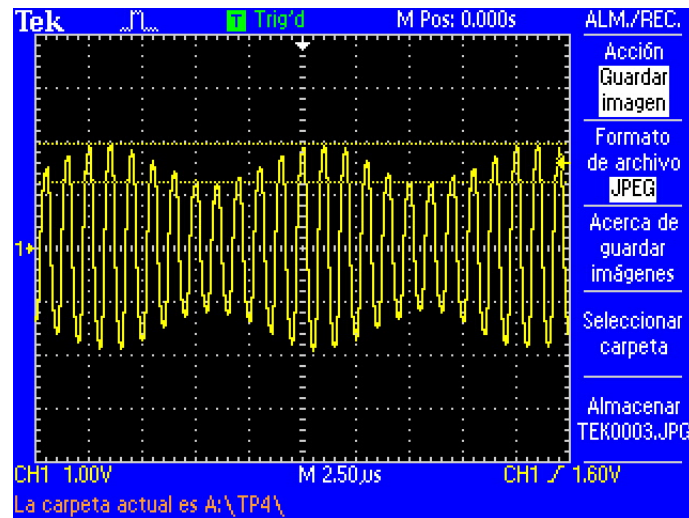


$$V_m = 200\text{mV}_{pp} \rightarrow 100\text{Khz.}$$

Para amplitudes menores de señal modulante obtenemos los siguientes resultados:

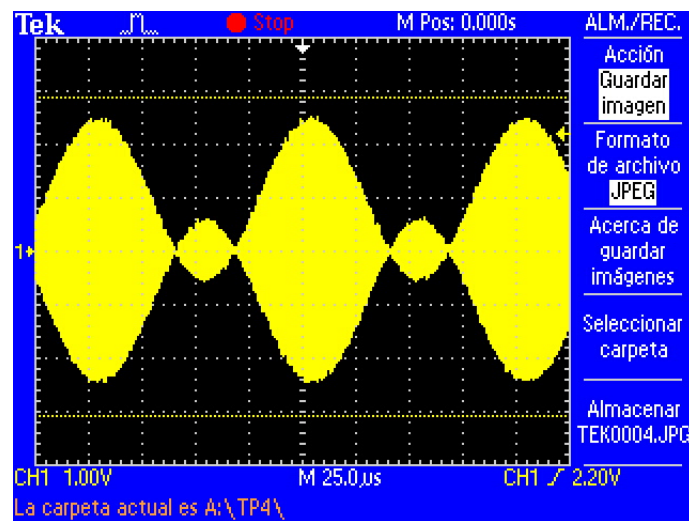


$$V_m = 100\text{mV}_{pp} \rightarrow 100\text{Khz.}$$

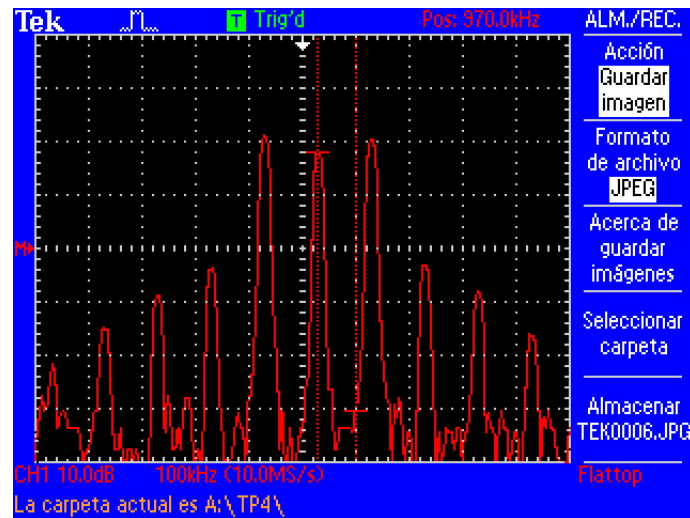


$$V_m = 50\text{mV}_{pp} \rightarrow 100\text{Khz.}$$

Se debe tener precaución de no exceder los niveles máximos de señal modulante para que no se produzca intermodulación. Efecto este que podemos observar a continuación:



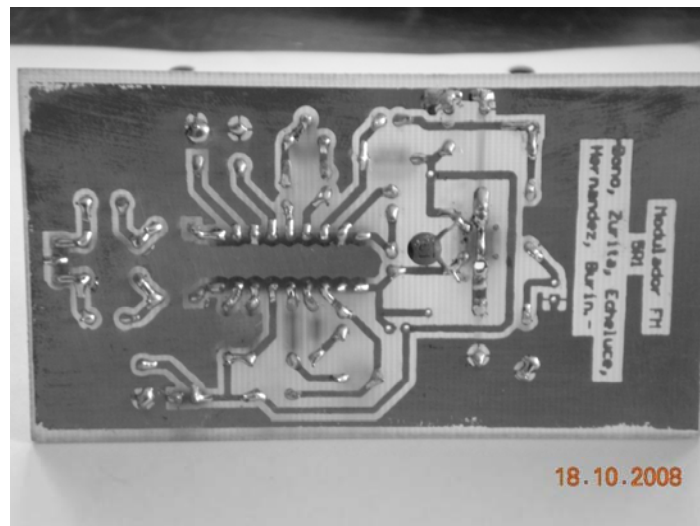
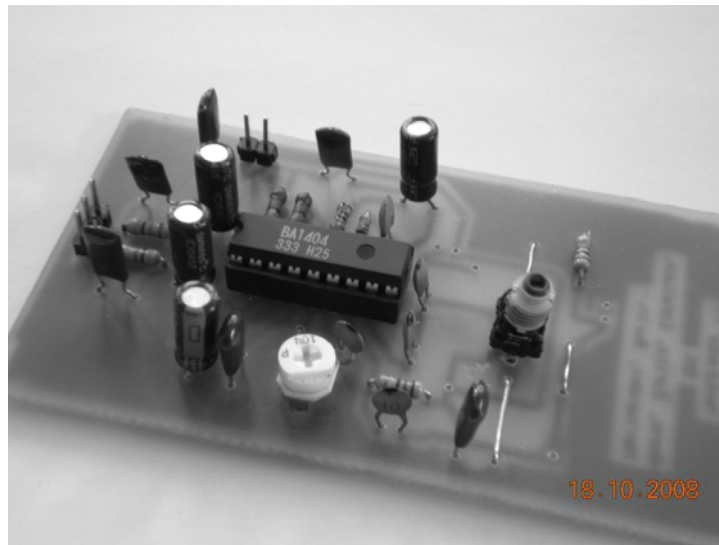
$$V_m = 250\text{mV}_{pp} \rightarrow 1\text{Khz.}$$



Armónicas producidas por sobre modulación.

Para la medición de potencia que entrega el integrado, se procedió a colocar una carga resistiva de **100Ω** en el conector marcado como Out, sobre la cuál se midió una potencia de **25,6mW**.

Modulador FM

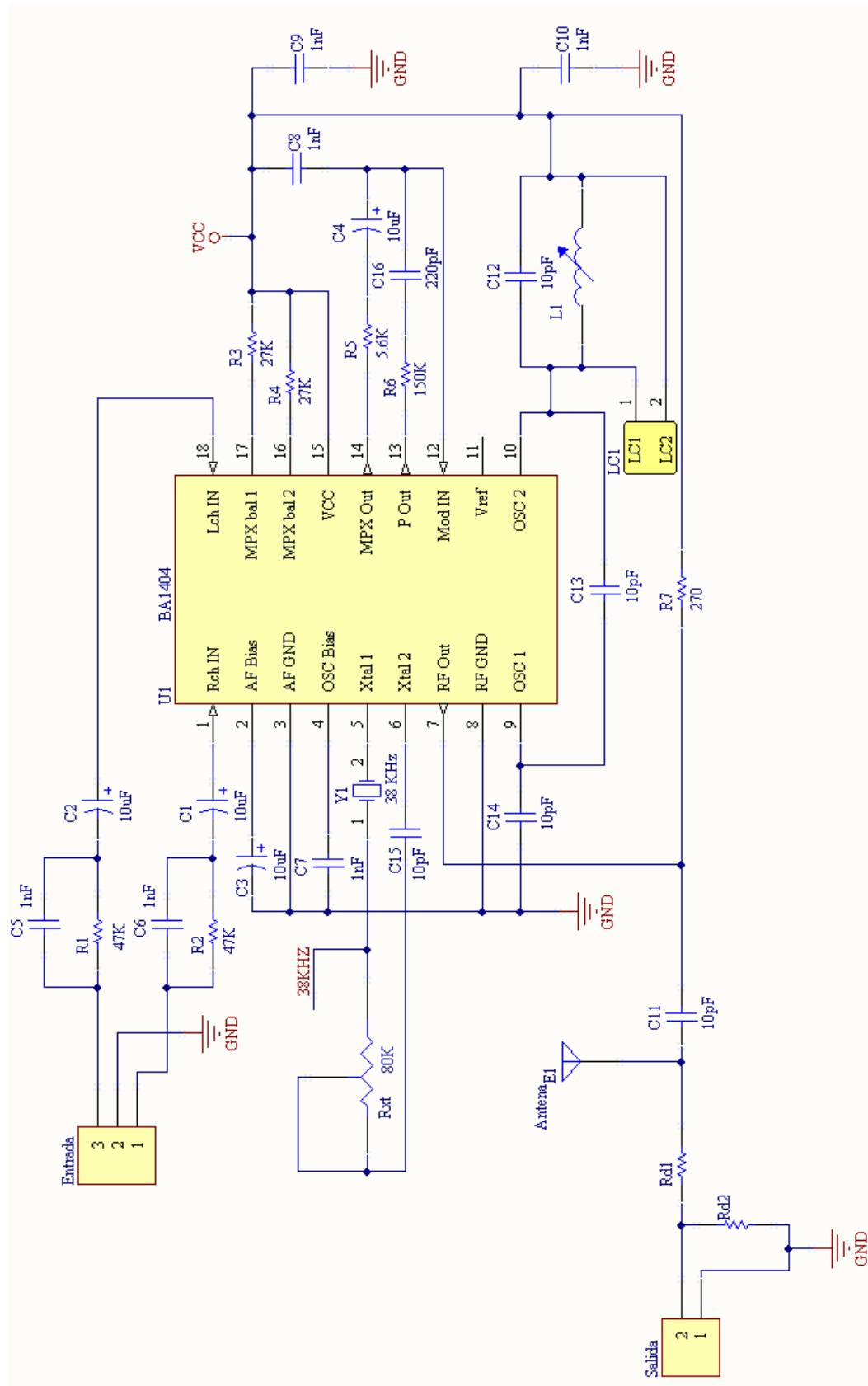


Para el modulador FM se decidió utilizar un circuito integrado de uso comercial, el BA1404, el cuál es un modulador estéreo capaz de transmitir a baja potencia (**25mW**) en la banda de frecuencias comerciales de FM, **76 a 108Mhz**.

<u>Modulador FM</u>	
A. Tipo de modulación	FM estéreo
B. f_c	100.0 Mhz
C. f_m	1 KHz.
D. ΔW	200 KHz.
E. V_{cc}	+3 v
F. R_L	100 Ω
G. P_L (medido en FFT)	9,92 mW



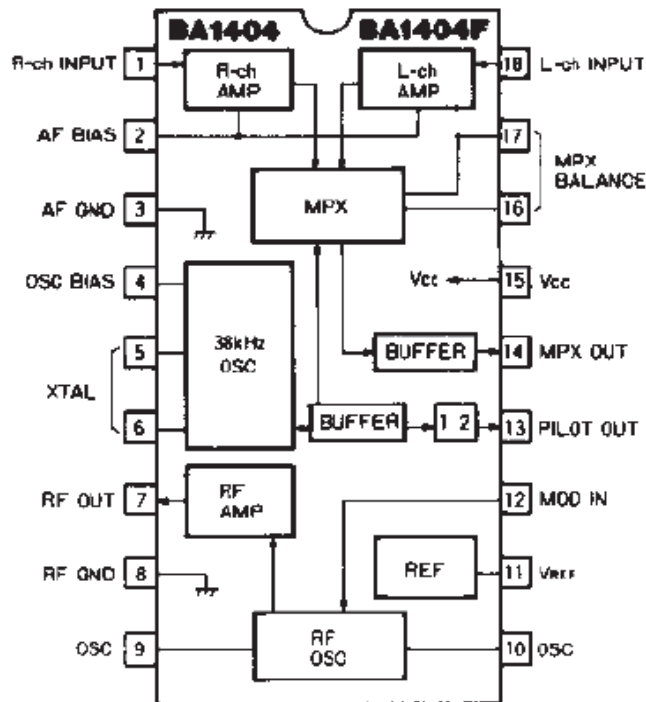
Circuito:





Principio de funcionamiento

El BA1404 cuenta con toda la circuitería interna para realizar el proceso de separación de canales, modulación a frecuencia intermedia (FI de 10,5Mhz), y transmisión, el diagrama en bloques lo observamos a continuación:



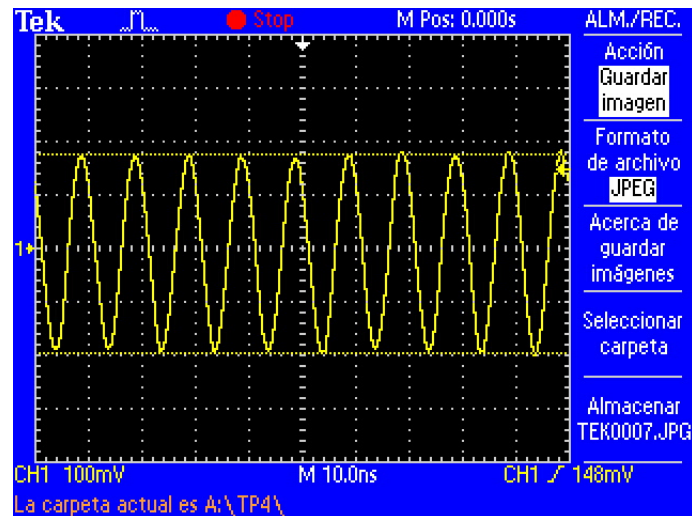
Para la transmisión estéreo el mismo cuenta con las entradas para dos canales de audio (R - L), y utiliza un cristal de 38 KHz para separar las portadoras de los dos canales respetando el estándar. Debido al inconveniente de conseguir este valor de cristal, decidimos sustituirlo por un oscilador RC, formado por el preset R_{xt} de **80 K Ω** y el capacitor C_{15} de **10pF**, y ajustando el valor del preset se logró obtener la frecuencia deseada, que si bien no mantiene la misma estabilidad que el cristal, es aceptable.

La frecuencia de portadora de salida es obtenida por el circuito tanque LC, formado por la bobina L_1 de **3.5 Vueltas** de alambre de **0,2mm**, con núcleo de ferrita y el capacitor C_{12} , de **10pF**.

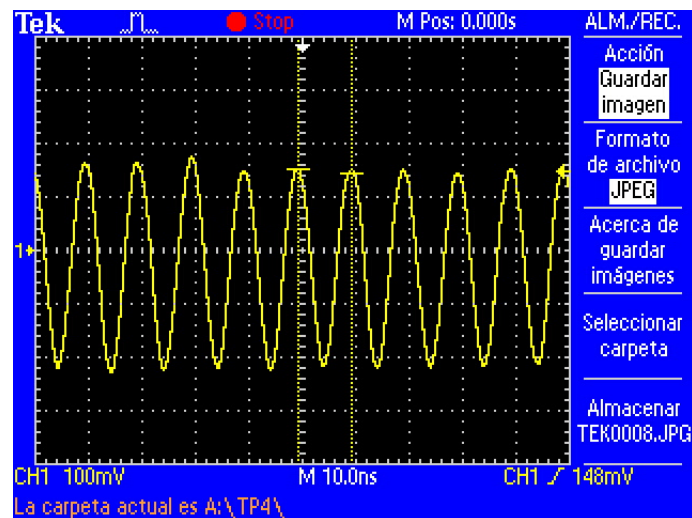
Para la medición de la potencia a la salida se procedió a quitar la antena, luego se reemplazó la resistencia R_{d1} por un puente, y se colocó una carga de **100 Ω** en el lugar de R_{d2} , sobre la cual se midió una potencia de **9,92mW**.



Gráficos:

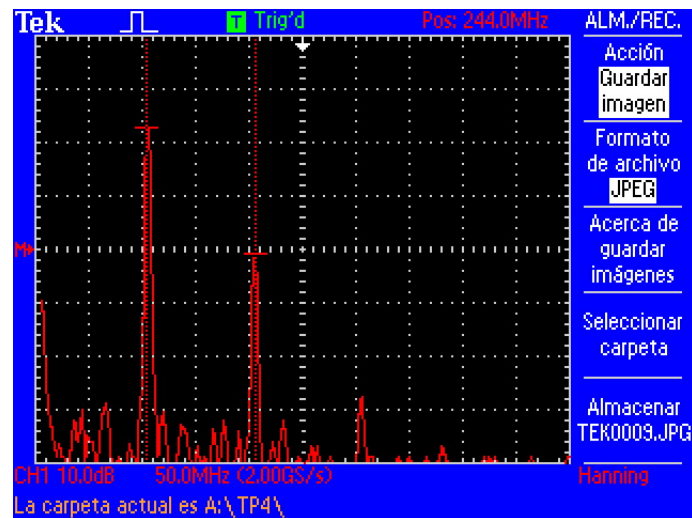


Señal obtenida para una frecuencia de portadora de **100Mhz**, y **1Khz** de señal modulante.

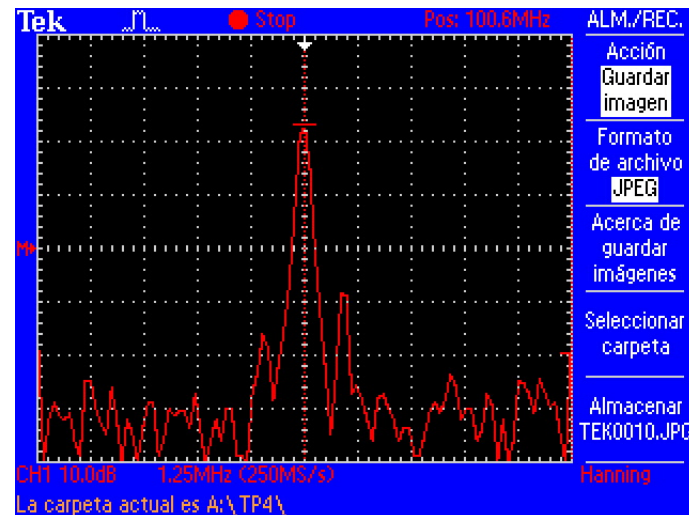


Señal obtenida para una frecuencia de portadora de **100Mhz**, y **10Khz** de señal modulante.

La variación es imperceptible debido a la gran diferencia de frecuencia entre $F_{\text{portadora}}$ y $F_{\text{modulante}}$.



Espectro de FFT en donde se observa la frecuencia de portadora y dos armónicas.



Señal de portadora a **100.6Mhz**.

Conclusiones

Para el caso del modulador de AM, se logró implementar un modulador balanceado con un circuito integrado comercial, pudiéndose observar distintos índices de modulación, amplitudes, e interferencias producidas por el desbalance de las etapas de entrada y sobre modulación. Se tuvieron inconvenientes de ruido producido por los generadores de señal de entrada.

En el modulador FM, se logró transmitir audio estéreo a distintas frecuencias dentro del rango comercial de FM, hasta un alcance de **150mts**, pero con un nivel de distorsión audible, esto fue debido a problemas en masas y blindajes del circuito.