

Diseño de una Gama de Amplificadores para Distribución de MATV

Carmen Gómez, Tomás Fernández, Antonio Tazón, Angel Mediavilla
 Departamento de Ingeniería de Comunicaciones
 Universidad de Cantabria
 e-mail : tomas@dicom.unican.es

Angel Meléndez, Begoña Uriarte, Ricardo Isasi

Fagor Electrónica Sociedad Cooperativa

e-mail : amelendez@fagorelectronica.es

Abstract- In this paper, a new methodology to develop electronics consumer circuitry for TV applications is presented. The works has been carried out in collaboration with the Spanish Company FAGOR ELECTRONICA S. Coop. The goal was to obtain a family of Low Cost Amplifiers for MATV purposes covering the whole terrestrial TV frequency band along with the FM band. As a result of this work, a commercial product has been obtained. This product is now in the production phase, being the forecast release date the end of this year.

INTRODUCCIÓN

Si bien es cierto que, hoy en día, la mayor parte de la electrónica de consumo para gran mercado viene dada por las necesidades de la telefonía móvil, productos multimedia, etc., no es menos cierto que hay un campo que, de forma histórica, constituye y, en muchos casos impulsa, el grueso de la producción electrónica de consumo; este campo es el de la circuitería para recepción de TV tanto para un único usuario como para instalaciones comunitarias. En este tipo de aplicaciones, el objetivo a conseguir es un producto robusto, repetitivo y del menor coste posible, que permita asegurar una amplia penetración en un mercado en el que la competencia es importante. En este sentido, este artículo presenta el trabajo llevado a cabo en colaboración con la empresa FAGOR Electrónica para desarrollar una gama de amplificadores de bajo coste para aplicaciones de distribución de MATV.

Como se verá, los requisitos a cumplir por esta gama serán no solo de tipo funcional, sino también mecánicos y de coste. Para la validación de los requerimientos eléctricos, se contemplarán no solo las figuras de mérito típicas en amplificadores (ganancia, figura de ruido, adaptación, consumo) sino también normativas para electrónica de consumo en temas de interferencias, radiación, etc.

I. DISEÑO DE LOS MODULOS BÁSICOS DE LOS DIFERENTES AMPLIFICADORES

a) Especificaciones Iniciales:

La gama de amplificadores a diseñar conformaban una gama de siete dispositivos diferentes en los que se fijaban con claridad dos características fundamentales: primero debían cubrir bien por secciones o bien de forma continua

las bandas de FM, VHF y UHF y segundo, todos los amplificadores deben tener el mismo soporte físico, compartiendo número de posibles entradas, posición y número de potenciómetros, conector de salida, etc. Esta situación se muestra en la tabla I, donde además se indican las principales características eléctricas. En la tabla I, se muestran las diferentes bandas frecuenciales a cubrir y su nomenclatura según los estándares CCIR.

Banda	Ancho de Banda
VHF BI	47 – 68 MHz
VHF BII (FM)	87.5 – 108 MHz
VHF BIII	174 – 230 MHz
UHF	470 – 862 MHz
BIV (UHF C21 – C37)	470 – 606 MHz
BV (UHF C38 – C69)	606 – 862 MHz

Tabla I - Bandas de frecuencia de acuerdo con los estándares CCIR (Europa)

En lo referente a las características eléctricas, en las tablas II y III, se muestran los requerimientos más significativos de los dispositivos a realizar. Se observa que cada modelo cuenta con un número diferente de entradas y que, aun con el mismo número de entradas, las bandas que deben cubrirse en algunos casos son diferentes.

Modelo	1	2	3	4
Nº entradas	1	2	2	3
Bandas	BI/BIII/UHF	BI/BIII UHF	BI/FM/BIII UHF	BI/FM/BIII UHF UHF
Alimentación	24 V (consumo 87 mA)			
Adaptación	BI/FM/BIII 8 dB UHF 4 dB			
Ganancia [dB]	27 BI/BIII 36 UHF	27 36	27 36	27 32 32
Variación de ganancia para $V_{cc} \pm 5\%$	< 1dB			
Regulación de ganancia	15 dB			
Figura de ruido [dB]	5 BI/BIII 2.5 UHF	5 BI/BIII 2.5 UHF	5 BI/FM/BIII 2.5 UHF	5 BI/FM/BIII 5 UHF
Nivel de salida	114 dB/uV (DIN 45004B -60)			
Rechazo fuera de banda	Conforme con EN 50083-2			
Salida de test	30 dB por debajo del nivel de salida			
Ecuilibración selectiva	3 filtros sintonizables en la cadena de amplificación principal			

Tabla II – Características Eléctricas de los cuatro primeros modelos a realizar

Modelo	5	6	7
Nº entradas	3	3	3

Bandas	BI/BIII UHF UHF	BI/FM BIII UHF	BI/BIII BIV BV
Alimentación	24 V (consumo 87 mA)		
Adaptación	BI/FM/BIII 8 dB UHF 4 dB		
Ganancia [dB]	27 32 32	27 27 36	27 32 32
Variación de ganancia para $V_{cc} \pm 5\%$	< 1dB		
Regulación de ganancia	15 dB		
Figura de ruido [dB]	5 BI/BIII 5 UHF	5 BI/FM/BIII 2.5 UHF	5 BI/BIII 5 BIV/BV
Nivel de salida	114 dB/uV (DIN 45004B-60)		
Rechazo fuera de banda	Conforme con EN 50083-2		
Salida de test	30 dB por debajo del nivel de salida		
Ecuación selectiva	3 filtros sintonizables en la cadena de amplificación principal		

Tabla III – Características Eléctricas de los cuatro primeros modelos a realizar

b) Diseño Eléctrico:

Puesto que el coste final del producto es una de los objetivos a cumplir, los componentes a utilizar han de ser también de bajo coste. De esta forma se optó por utilizar transistores bipolares de los comúnmente utilizados en este tipo de aplicaciones, todos en tecnología SMD. Siguiendo las pautas inicialmente marcadas, la decisión final que se tomó fue la de implementar una solución modular, dentro de los propios dispositivos. De esta forma todos los modelos tienen en común una cadena principal de amplificación, que incluye la etapa final de potencia y los previos necesarios para proporcionar el nivel de señal necesario (114 dB/uV (DIN 45004B-60)). Puesto que los diferentes amplificadores cuentan con bandas de operación y número de entradas diferentes (ver tablas II y III), es necesario llevar a cabo el diseño de unos filtros que lleven a cabo la separación necesaria y además cumplan los requerimientos de adaptación y *Antenna Input Resistance* (Normativa EN 50083-2)

c) Diseño de la Cadena Principal:

Como se ha comentado anteriormente, la cadena principal deberá componerse de un número mínimo de dispositivos que aseguren que, además de proporcionar la ganancia especificada, entregue la potencia máxima necesaria. De esta forma se optó por una configuración de tres transistores bipolares, uno constituyendo la etapa final de potencia y otros dos para excitarlo. Un problema que surgió de forma paralela al diseño de la cadena principal es que la alimentación en continua de la misma viene limitada por una tensión de 24 Voltios y una corriente máxima dada por las fuentes de alimentación actualmente utilizadas. Debido al consumo de estas tres etapas, se hizo imposible la polarización convencional de las mismas, teniendo que recurrir al uso de la alimentación serie [1]. Esta técnica permite aprovechar la corriente de continua proporcionada a la etapa final para alimentar a su vez a las dos primeras etapas, reduciendo de este modo la potencia de continua necesaria. Esta situación se muestra en la figura 1, donde, por simplicidad, se han eliminado las redes de entrada y salida en RF de las diferentes etapas.

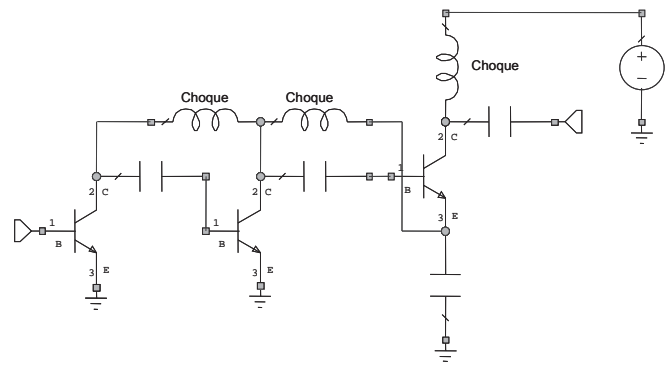


Figura 1.- Esquemático de una configuración para alimentación serie.

Como se puede observar, en esta configuración, la etapa final no se encuentra físicamente conectada a tierra, sino que se hace a través de una capacidad de paso. Obviamente, esta solución predispone a dicha etapa a la oscilación razón por la cual, las redes de entrada y salida que se diseñen deberán asegurar que se trabaja en la zona estable. En el diseño de esta cadena, habrá de asegurarse también que variación de la ganancia se encuentre dentro de los límites establecidos. En la figura 2 se muestran los resultados obtenidos en el diseño de dicha cadena, donde se puede apreciar la respuesta en una banda que abarca desde 47 MHz (límite inferior de la Banda I) hasta 862 MHz (límite superior de la banda de UHF).

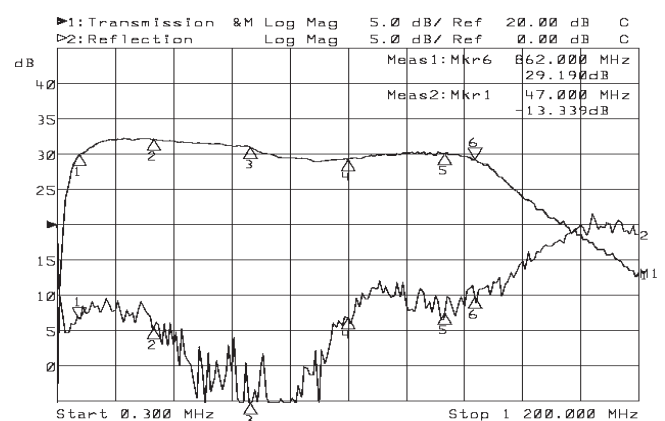


Figura 2.- Respuesta frecuencial de la cadena principal diseñada

d) Diseño de los filtros de FM, Banda I y Banda III:

Con los resultados obtenidos de la cadena principal, se hace necesario el desarrollo y ajuste de los diferentes filtros que permitirán hacer la selección de las distintas bandas frecuenciales. De esta forma se comenzó el diseño de los filtros que conforman dichas bandas. Estos, se construyeron utilizando las inducciones propias y capacidades de montaje superficial. Previamente al diseño de los filtros fue necesario proceder a la caracterización de los componentes con objeto de obtener un modelo equivalente (incluyendo parásitos, pérdidas, etc) con el que simular de la forma más real posible. Ha de hacerse notar en este caso que, para cumplir la normativa en cuanto a *Antenna Input Resistance* los rechazos de los filtros a las distancias frecuenciales que establece la máscara de la norma, han de ser bastante más grandes de lo que suele conseguirse con configuraciones usuales de filtros y componentes de bajo factor de calidad,

Q. Como ejemplo, en la figura 3 se presentan los resultados obtenidos en la realización de un filtro de Banda I más FM.

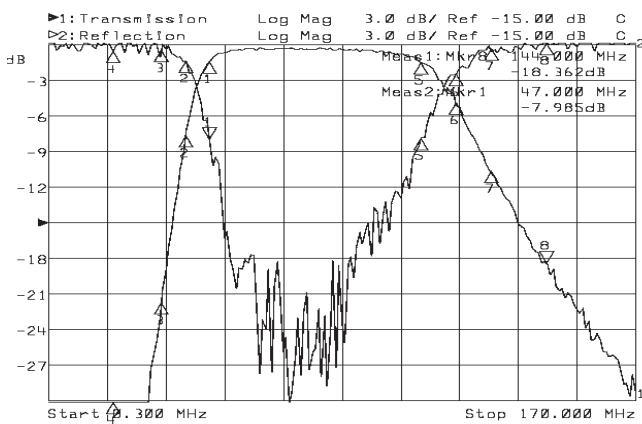


Figura 3.- Respuesta frecuencial Medida del Filtro de Banda+FM diseñado

De igual manera se construyeron los filtros que conformaban el resto de las Bandas de VHF.

e) Diseño de las etapas de UHF:

A la vista de las especificaciones de las tablas II y III, la figura de ruido y ganancia de las entradas de UHF son más restrictivas que las de FM y VHF anteriormente vistas. Con objeto de proporcionar mayor ganancia se añadió en las entradas de UHF un transistor bipolar con baja figura de ruido y alta ganancia, que complementaría los resultados obtenidos para las bandas comentadas. Por otra parte, teniendo en cuenta que la parte alta de la banda de UHF se encuentra próxima a una de las bandas de telefonía móvil, en este caso se necesitarán filtros que además de no empeorar su respuesta frecuencial en este rango, proporcionen las atenuaciones necesarias para asegurar el cumplimiento de las normas anteriormente descritas.

El primer paso a dar, consistió en la realización del filtro de conformación de la banda de UHF (470-862 MHz). Como en casos anteriores, usando los componentes propuestos por la empresa, se construyó, ajustó y caracterizó el filtro. Los resultados de la medida final se muestran en la figura 4. Tomando como punto de partida este filtro, se diseñó el amplificador que actúa de dispositivo de bajo ruido y aumenta la ganancia en la magnitud necesaria para cumplir las especificaciones inicialmente fijadas. En la figura 5, se muestra el esquemático del diseño de la etapa amplificadora bajo ruido junto con los filtros de conformación de banda utilizado para la simulación y diseño. La respuesta medida de la unión del filtro anteriormente diseñado, junto con la etapa amplificadora se muestra en la figura 6, donde se aprecia que el rizado sigue manteniéndose dentro de los límites permitidos y los rechazos fuera de banda son importantes. Observando la figura 6, se aprecia que la ganancia obtenida con esta primera etapa de bajo ruido más el filtro de conformación de banda, alcanza los 12 dB. Con este nivel de ganancia, al unir esta etapa a la cadena principal diseñada (cuya respuesta se mostraba en la figura 1), se obtendría una ganancia total en la Banda de UHF de 45 dB, nivel más alto que el inicialmente especificado. Sin embargo, este incremento de ganancia se ha previsto inicialmente para compensar posteriormente las pérdidas que

se introducirán en los procesos de filtrado, combinación de etapas, unión de bandas próximas, etc.

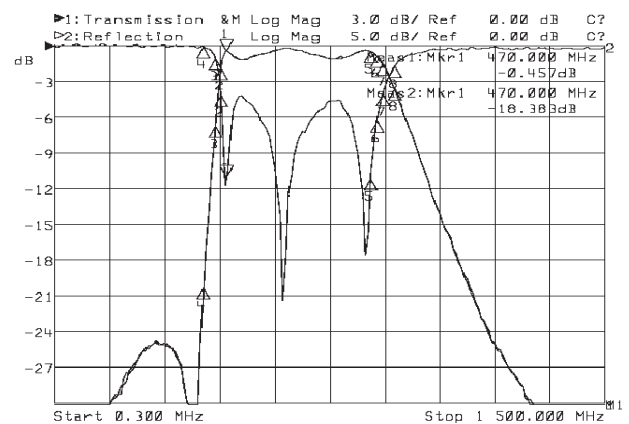


Figura 4.- Respuesta frecuencial Medida del Filtro UHF diseñado

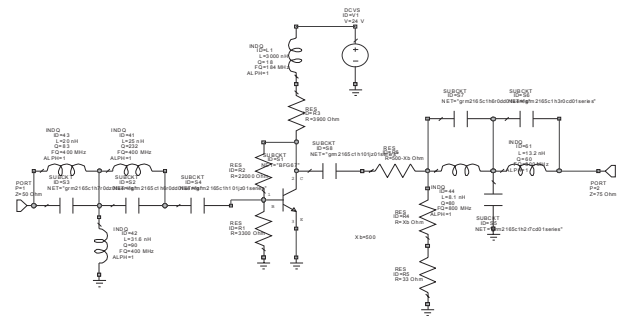


Figura 5.- Esquemático del conjunto amplificador bajo ruido más filtros de conformación de banda para UHF

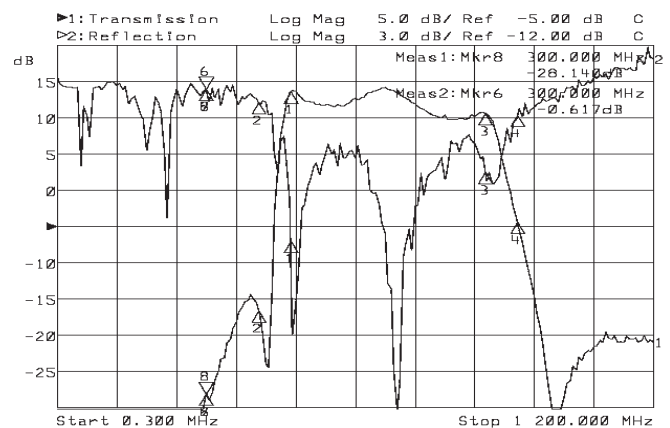


Figura 6.- Respuesta frecuencial Medida del conjunto Filtro UHF más la etapa amplificadora de bajo ruido

II. DISEÑO Y MEDIDAS DE LOS DIFERENTES MODELOS DE AMPLIFICADORES

Con las diferentes partes eléctricas comunes a todos los amplificadores de la gama diseñados y probados, se procedió a diseñar y montar uno a uno los diferentes dispositivos. El modo de operación en este caso consistió en partir de las diferentes entradas y bandas frecuenciales que debía cubrir cada amplificador para luego implementar los filtros y redes de combinación y suma adecuados. Este proceso que, a priori, puede parecer un mero trámite, es uno de los puntos críticos del proceso de diseño total. Esto se debe al hecho de

implementar los diferentes filtros con elementos concentrados de bajo valor del factor de calidad y frecuencias de resonancia que pueden darse en puntos frecuenciales de la banda útil (piénsese en que los filtros para seleccionar BI y BIII pueden contener valores de inducciones y capacidades que resuenen en UHF). Como ejemplo se muestran los resultados de la medida de las tres bandas de funcionamiento del Modelo 2.

En la figura 7 se muestra la respuesta del Modelo 2 cuando la señal entra por la entrada correspondiente a BI y BIII.

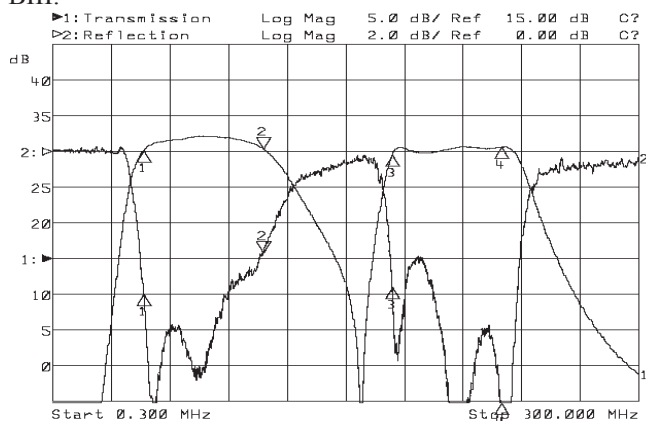


Figura 7.- Respuesta frecuencial de la entrada de Banda I (BI) y Banda III (BIII) del Modelo 2

De la misma forma, en la figura 8 se muestra la respuesta del mismo amplificador en el caso de que la señal entre por la entrada correspondiente a UHF.

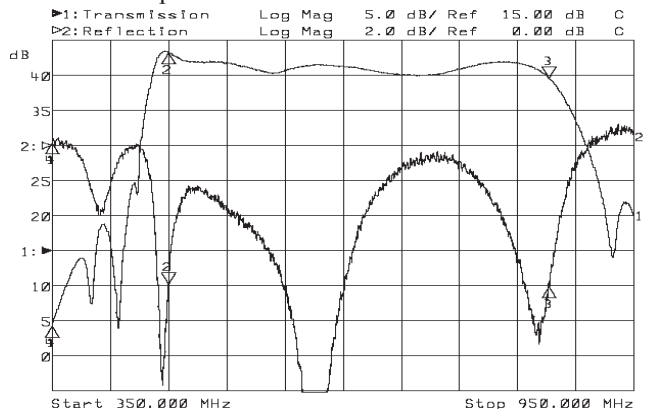


Figura 8.- Respuesta frecuencial de la entrada de UHF (470-862MHz) del Modelo 2

Como se puede observar, se consiguen por una parte la ganancia en banda de paso deseada tiene un rizado mínimo y los rechazos fuera de la banda de paso se ajustan a la máscara propuesta en la prueba de *Antenna Input Resistance* (norma EN 50083-2).

III. DISEÑO DE LAS REDES DE ECUALIZACIÓN SELECTIVA

Un rasgo distintivo de estos amplificadores es la posibilidad que tienen de hacer una ecualización selectiva de la señal en cualquier punto de la banda de UHF. Para ello se introducen tres *trampas variables* (Notch), contruidos con una

capacidad variable mecánica y componentes discretos de los utilizados en los filtros anteriormente descritos. La peculiaridad de estas redes es que deben cubrir un ancho de banda que comienza en 470 MHz y finaliza en 862 MHz, eliminando un número mínimo de canales (idealmente solo uno, esto es, 8 MHz). Puesto que el factor de calidad de las bobinas y condensadores no es el apropiado, se hizo un estudio de las posibles estructuras que permiten dicha variación. En la figura 9, se muestra el circuito eléctrico esquemático propuesto para una de estas *trampas variables*,

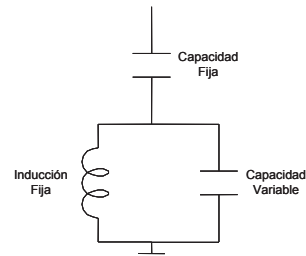


Figura 9.- Esquemático de las Trampas Variables Diseñadas

consta de una capacidad variable, otra fija y una inducción que, con la elección apropiada de valores, permiten barrer toda la banda de UHF, proporcionando así la atenuación deseada en los puntos frecuenciales de interés. La única consideración a tener es

que el factor de calidad del circuito puede variar con la frecuencia, obligando a variar el valor de alguno de los elementos si se quieren cubrir las bandas altas.

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha diseñado, montado y caracterizado una gama de amplificadores de bajo coste para aplicaciones de MATV. Se ha presentado la metodología a seguir cuando se desea reducir el precio del componente a construir, tanto por problemas de coste como por otros de tipo eléctrico como son las prestaciones de los dispositivos activos, factor de calidad de los componentes pasivos, etc.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren hacer constar el inmejorable grado de colaboración que ha existido entre los equipos de FAGOR ELECTRONICA y el Departamento de Ingeniería de Comunicaciones de la Universidad de Cantabria, gracias al cual ha sido posible llevar a buen término el proyecto, incentivado la necesaria y siempre fructífera colaboración Universidad-Empresa.

REFERENCIAS

- [1] M. López, T. Fernández, J. Pascual, C. Garitano, T. Sanjuán, J. Linazasoro, R. Isasi, "Diseño de un Amplificador de Frecuencia Intermedia de Satelite", XIII Simposium Nacional URSI, Pamplona, sept. 1998.