

Diseño e implementación de un prototipo inhibidor de señales de celular para un salón de clases

Design and implementation of an inhibitor prototype of cellular signals for a classroom

Martín Diomedes Bravo Obando¹, Juan Gabriel Carvajal Vega²
y Alejandro Fabián Torres Camacho³.

Resumen

Este proyecto, consiste en el diseño y la implementación de un prototipo inhibidor de señales de celular para un salón de clases y así, evitar el plagio académico por medio de la red celular. Existen varias técnicas para realizar un Jammer, nombre con el cual también se conocen los inhibidores, siendo la técnica de inhibición por ruido la más conveniente debido a la gran dificultad para tener acceso a la información técnica necesaria de la señal a inhibir; los aspectos necesarios para poder ejecutar esta técnica son: conocer los rangos de frecuencia donde opera la señal objetivo y disponer de un analizador de espectros. Por último, se logró desarrollar un prototipo inhibidor de celulares con un comportamiento efectivo dentro de un radio de 3 metros a la redonda, se aclara que por fuera de este rango (3 a 10 metros de radio) también se impide la comunicación pero la inhibición no es tan efectiva, sólo degrada la calidad de la señal.

Palabras claves: Inhibidor, Espectro de frecuencia, MINTIC, GSM, UMTS, VCO, RF, PCB.

Abstract

This project consists in the design and implementation of an inhibitor prototype of cellular signals for a classroom and thus avoid academic plagiarism through the cellular network. There are several techniques to build a Jammer, which is known also as inhibitors, being the inhibition technique by noise the most convenient because of the great difficulty to access the technical information necessary to inhibit signal; the aspects needed to implement this technique are: to know the frequency operating ranges of the target signal and to arrange an analyzer of spectrums. Finally, it was possible to develop a cell inhibitor prototype with an effective behavior within 3 meters around, it is clarified that outside this range (3 to 10 m radius), the communication is inhibited but the inhibition is not so effective, only degrading the quality of the sign.

Keywords: Inhibitor, Frequency Spectrum, MINTIC, GSM, UMTS, VCO, RF, PCB.

1 Ingeniero Electrónico C.D. Universidad Surcolombiana. Neiva Av. Pastrana Borrero – Carrera 1. martin.bravo@usco.edu.co

2 Ingeniero Electrónico e Ingeniero de Sistemas. Universidad Surcolombiana. Neiva Av. Pastrana Borrero – Carrera 1. viaju55@hotmail.com

3 Ingeniero Electrónico. Universidad Surcolombiana. Neiva Av. Pastrana Borrero – Carrera. alejoelcangrejo83@hotmail.com

Recibido 15 de octubre de 2013

Aprobado 27 de febrero de 2014

1. Introducción

La mayoría de los grandes desarrollos tecnológicos, han surgido de las necesidades militares, los dispositivos inhibidores de señal o jammers no son la excepción porque en sus inicios, se emplearon para evitar las comunicaciones de los grupos enemigos.

Los inhibidores de señales de celular o jammers, bloquean el uso de teléfonos celulares mediante el envío de ondas de radio a lo largo de las mismas frecuencias que utilizan los teléfonos celulares. Esto hace que se genere una interferencia suficiente entre la comunicación de los teléfonos celulares y las torres así los teléfonos quedan inservibles y la red simplemente parece fuera de alcance.

Con el empleo de estos dispositivos inhibidores de señal celular se puede contrarrestar, tanto problemas de seguridad como de aislamiento acústico, el primero hace referencia al empleo de celulares como detonadores de explosivos, situaciones delictivas en un banco o desde una cárcel, invasión a la privacidad, en estaciones de gasolina y plagio académico en los exámenes, siendo este último el objetivo principal de este proyecto. En cuanto al aislamiento acústico se encuentra el uso de teléfonos celulares en iglesias, bibliotecas, cines, teatros, etc.

Las comunicaciones a través de dispositivos móviles son muy comunes en la actualidad y hay países donde la cantidad de líneas telefónicas celulares sobrepasan al número de habitantes, "Colombia alcanzó 47.172.785 abonados en servicio de telefonía móvil al término del primer trimestre de 2012, 972.364 abonados más que a diciembre 31 de 2011, lo que representó un crecimiento del 2,10%. De acuerdo con esta cifra, a marzo de 2012, en el país existen 101,3 abonados en servicio de telefonía móvil por cada 100 habitantes". Estas son noticias alentadoras; aunque, al mismo tiempo, se ha podido apreciar en las personas una enorme dependencia hacia su teléfono móvil (MINTIC, 2012).

Debido a esta gran proliferación de los celulares en nuestra sociedad, los estudiantes tienen a la mano nuevas y diferentes estrategias para realizar plagios o copias de forma muy versátil. Ante esta situación surge el interrogante ¿cómo evitar estos FRAUDES en nuestro claustro universitario?. El prescindir de los dispositivos móviles no es una opción, así que una solución sería la de utilizar inhibidores de celular o Jammers.

Desde hace una década, ha tomado fuerza en Europa las zonas libres de celulares, siendo Francia y España los países pioneros en utilizar estos dispositivos en lugares como cines, teatros, salas de concierto, bibliotecas y en salas de plenaria gubernamentales (Vargas, 2004).

Actualmente, el uso de los dispositivos inhibidores están prohibidos en casi todos los países del mundo y son de uso exclusivo para actividades militares y gubernamentales, en algunos países suramericanos como Brasil son utilizados en cárceles. En Colombia, pueden ser utilizados bajo permiso otorgado por el Ministerio de las Tecnologías y las Comunicaciones según lo establecido en la Resolución 2774 del 5 de Agosto de 2013 (MINTIC, 2013).

2. Metodología

Para realizar el prototipo inhibidor fue necesario dividir el proyecto en fases con una retroalimentación constante entre ellas. Las fases que se desarrollaron fueron:

2.1 Recolección de información

Esta fase consistió en consultar e investigar aspectos importantes para el desarrollo del proyecto como las diferentes técnicas Jamming existentes (Poisel, 2011), la asignación espectral de frecuencia actual en nuestro país (Figura 1) y el tipo de tecnología celular utilizada por cada uno de los operadores de Telefonía Móvil Celular en Colombia. Es pertinente saber que los operadores son reservados, cuando se trata de proporcio-

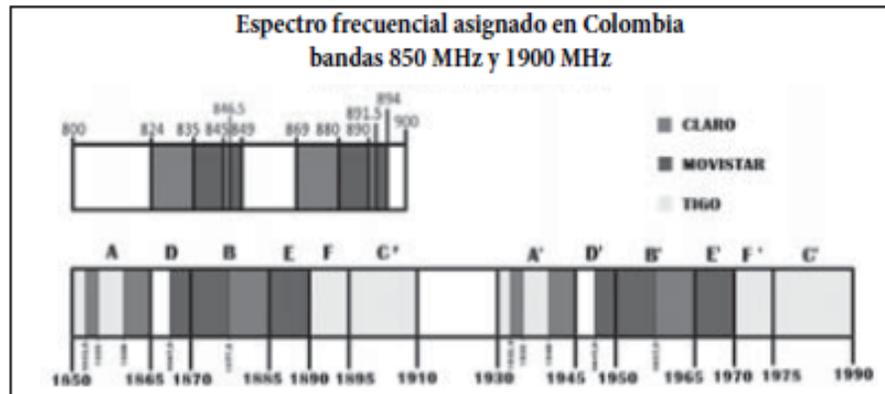


Figura 1. Asignación actual del espectro en la Banda de 850 MHz y 1900 MHz en Colombia. (MINTIC, 2010)

nar información detallada sobre sus tecnologías implementadas; por lo que se pudo conocer que todos los operadores utilizan tecnologías GSM y UMTS, según información suministrada vía on-line por el MINTIC.

2.2 Análisis, diseño e implementación del Prototipo Inhibidor

En esta etapa del proyecto se utilizó la técnica de Jamming por Ruido de Banda ancha o Banda Completa, la que consiste en modular la señal portadora con ruido blanco en toda la banda de frecuencia ocupada por el sistema de comuni-

caciones a inhibir. El ruido blanco es una señal no correlativa (aleatoria) que tiene una densidad espectral de potencia plana (la misma a lo largo de toda la banda de frecuencias) y un ancho de banda teóricamente infinito (Colaboradores de Wikipedia, 2013). Se conoce que el ruido es el problema más importante (némesis) para cualquier sistema de comunicación y si se incrementa este nivel, la comunicación será más difícil hasta el punto de impedirla totalmente. En la Figura 2, se muestra el diseño por bloques del prototipo inhibidor, el cual será descrito en las siguientes subsecciones:

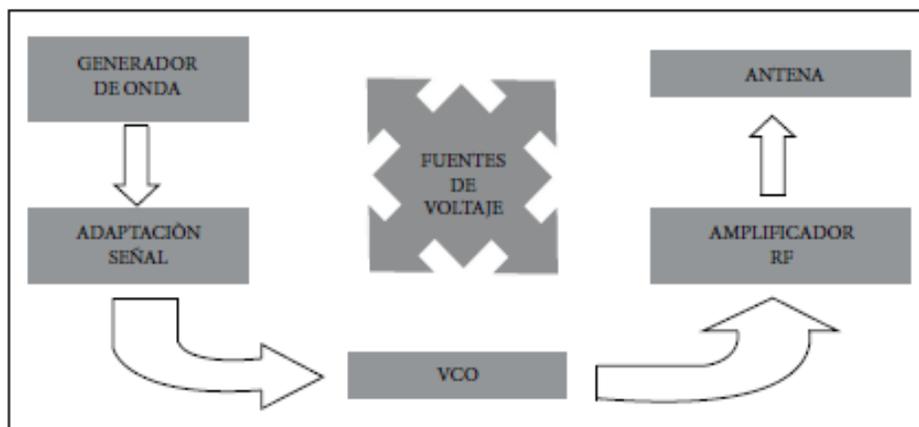


Figura 2. Diseño por bloques del Prototipo Inhibidor.

2.2.1 Bloque fuentes de voltaje

En esta etapa, se implementaron las fuentes de voltaje necesarias para alimentar los dispositivos usados en los diferentes bloques del prototipo inhibidor. La figura 3, muestra la configuración obtenida para cada uno de los niveles de voltaje requeridos.

Donde se implementaron 5 fuentes de voltaje con los siguientes valores: 5, 8, 18, 24 y 26 voltios. La fuente de 5v se utilizó para polarizar los Amplificadores RF, la fuente de 8v para los Osciladores Controlados por Voltaje (VCO), la fuente de 18v para alimentar los XR-2206, la fuente de 26v para alimentar al OPA4131 y la fuente de 24v se utilizó como nivel de referencia DC a la entrada no inversora del OPA4131.

2.2.2 Bloque VCO

Teniendo en cuenta el tipo de conexión, empaquetamiento, frecuencia de sintonización y costos, se decide utilizar el POS-1060 para la banda de 850 MHz y el POS-2000 para la banda de 1900 MHz. El POS-1060 es un Oscilador Controlado por Voltaje Plug-in de sintonización lineal de

750 a 1060 MHz con una potencia de salida típica de +12.0 dBm; y el POS-2000 es un Oscilador Controlado por Voltaje Plug-in de sintonización lineal de 1370 a 2000 MHz con una potencia de salida típica de +11.8 dBm. Luego tomando como referencia la Tabla 1 se define el rango en el cual debe estar el voltaje de sintonización y la frecuencia de cada VCO. Es pertinente saber que actualmente los operadores en Colombia tienen adjudicados rangos de frecuencia comprendidos entre 824-894 MHz y 1850-1990 MHz.

En la Tabla 1 del POS-1060 se observa que el voltaje de sintonización deberá ser variado entre 7 y 11 voltios aproximadamente para cubrir el espectro de frecuencia deseado en la banda de 850 MHz, de lo cual se deduce que la señal de entrada al VCO deberá ser una señal alrededor de 4 Vpp y centrada a un nivel DC de 9v aproximadamente; y de la tabla del POS-2000 se observa que el voltaje de sintonización deberá ser variado entre 13,5 y 17,5 voltios aproximadamente para cubrir el espectro de frecuencia deseado en la banda de 1900 MHz, de lo cual se deduce que la señal de entrada al VCO deberá ser una señal alrededor de 4 Vpp y centrada a un nivel DC de 15,5v aproximadamente.

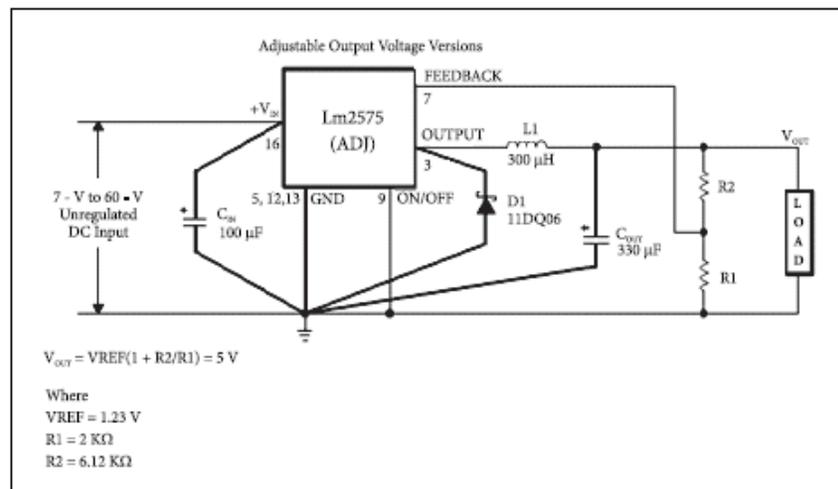


Figura 3. Configuración de la fuente de voltaje.

Tabla 1. Datos de sintonización del VCO POS-1060 y VCO POS-2000, respectivamente.

| V TUNE | Tuning Sens. (MHz/V) | Frequency (MHz) | | | Power output (dBm) | | |
|-----------|----------------------------|-----------------|---------|---------|--------------------|-------|-------|
| | | -55°C | +25°C | +85°C | -55°C | +25°C | +85°C |
| 0.00 | 23.35 | 667.98 | 660.15 | 652.46 | 11.14 | 10.85 | 10.26 |
| 2.00 | 19.99 | 705.71 | 697.66 | 690.63 | 1.98 | 10.98 | 10.90 |
| 4.00 | 20.73 | 749.19 | 741.35 | 732.14 | 12.00 | 11.56 | 11.00 |
| 6.00 | 24.32 | 786.40 | 777.56 | 770.01 | 11.90 | 12.04 | 12.05 |
| 8.00 | 25.69 | 841.58 | 833.68 | 826.97 | 12.52 | 12.45 | 12.15 |
| 10.00 | 26.61 | 901.15 | 893.70 | 884.16 | 12.85 | 12.52 | 12.11 |
| 12.00 | 27.64 | 959.47 | 949.31 | 938.49 | 12.63 | 12.33 | 12.14 |
| 14.00 | 27.49 | 1002.41 | 994.54 | 986.85 | 12.48 | 12.54 | 12.51 |
| 16.00 | 23.00 | 1052.01 | 1046.38 | 1037.38 | 12.20 | 12.00 | 11.60 |
| 18.00 | 25.88 | 1092.75 | 1083.05 | 1067.83 | 11.49 | 11.64 | 11.86 |
| 20.00 | 14.94 | 1138.66 | 1124.15 | 1108.01 | 12.03 | 11.92 | 11.49 |

| V TUNE | Tuning Sens. (MHz/V) | Frequency (MHz) | | | Power output (dBm) | | |
|-----------|----------------------------|-----------------|---------|---------|--------------------|-------|-------|
| | | -55°C | +25°C | +85°C | -55°C | +25°C | +85°C |
| 1.00 | 60.22 | 1315.76 | 1298.69 | 1282.39 | 12.68 | 12.63 | 11.97 |
| 2.00 | 45.61 | 1360.30 | 1344.30 | 1329.07 | 12.83 | 12.43 | 11.39 |
| 3.00 | 4.69 | 1400.13 | 1384.99 | 1370.50 | 12.91 | 12.72 | 11.73 |
| 4.00 | 38.28 | 1438.08 | 1423.27 | 1409.23 | 12.52 | 12.43 | 11.39 |
| 5.00 | 37.88 | 1475.67 | 1461.15 | 1447.41 | 12.15 | 12.08 | 11.28 |
| 6.00 | 38.21 | 1513.49 | 1499.36 | 1485.93 | 11.89 | 11.71 | 10.78 |
| 7.00 | 38.97 | 1552.21 | 1538.33 | 1525.27 | 12.09 | 11.86 | 10.80 |
| 8.00 | 40.98 | 1593.01 | 1579.31 | 1566.39 | 11.92 | 11.78 | 10.88 |
| 9.00 | 44.58 | 1639.49 | 1623.89 | 1610.31 | 11.61 | 11.43 | 10.62 |
| 10.00 | 46.93 | 1686.88 | 1670.81 | 1656.97 | 11.39 | 10.92 | 10.05 |
| 11.00 | 48.90 | 1735.04 | 1719.71 | 1705.77 | 11.57 | 11.18 | 10.00 |
| 12.00 | 49.42 | 1784.37 | 1769.13 | 1755.29 | 11.55 | 11.02 | 10.16 |
| 13.00 | 48.15 | 1831.94 | 1817.28 | 1803.71 | 10.84 | 10.61 | 9.70 |
| 14.00 | 45.61 | 1877.13 | 1862.89 | 1849.52 | 10.86 | 10.64 | 9.49 |
| 15.00 | 42.30 | 1919.10 | 1905.19 | 1891.96 | 10.89 | 10.67 | 9.51 |
| 16.00 | 38.45 | 1957.47 | 1943.64 | 1930.56 | 10.97 | 10.88 | 9.80 |
| 17.00 | 35.00 | 1992.45 | 1978.64 | 1965.61 | 10.42 | 10.40 | 9.58 |
| 18.00 | 31.99 | 2024.60 | 2010.62 | 1997.48 | 10.26 | 10.14 | 9.19 |
| 19.00 | 29.29 | 2054.18 | 2039.91 | 2026.75 | 10.12 | 10.11 | 9.13 |
| 20.00 | 27.41 | 2081.17 | 2067.06 | 2053.70 | 10.36 | 10.07 | 9.07 |

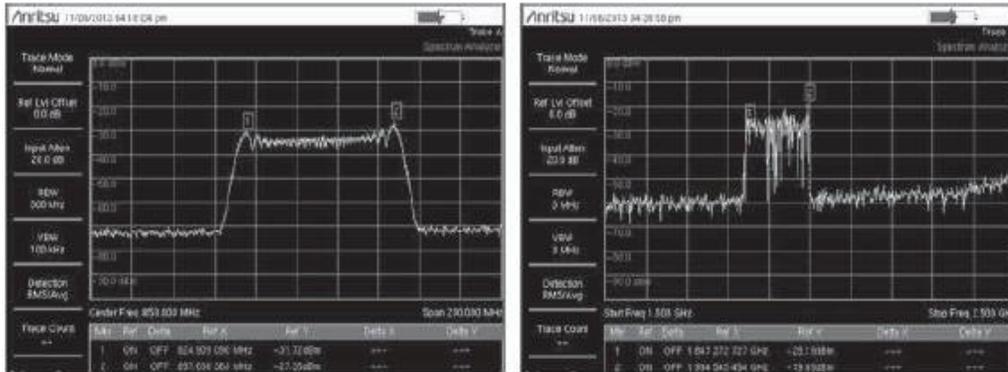


Figura 4. Salida del VCO banda de 850 MHz y 1900 MHz.

Con el Analizador de Espectros, se sintonizan los rangos de frecuencia en los cuales deberán trabajar los VCOs en ambas bandas. En la banda de 850 MHz se alcanzaron niveles alrededor de los 10 dBm (10 mW) y en la banda de 1900 MHz se tienen niveles máximos de 20 dBm (100 mW). En la Figura 4, podemos observar la salida del VCO en la bandas de 850 MHz y 1900 MHz, respectivamente.

2.2.3 Bloque generador de onda

Con el análisis del comportamiento de las diferentes formas de ondas, se concluye que se debe generar una señal de onda triangular de 4 Vpp para cada una de las bandas de frecuencia. Además, de estudiar varios circuitos para generar la

onda, seleccionando el XR-2206 con la configuración mostrada en la Figura 5.

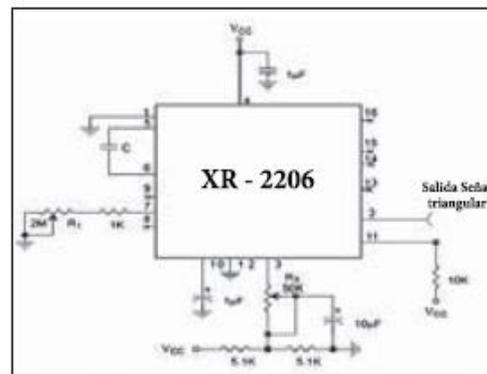


Figura 5. XR-2206 como generador de onda triangular.

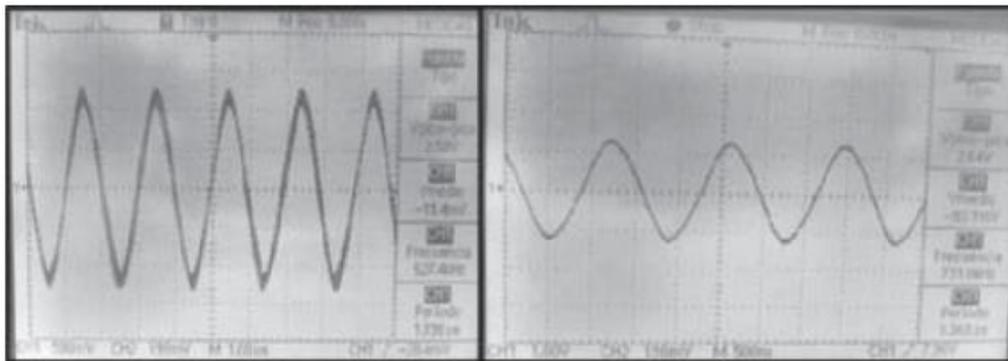


Figura 6. Señal de onda generada con variaciones en la frecuencia.

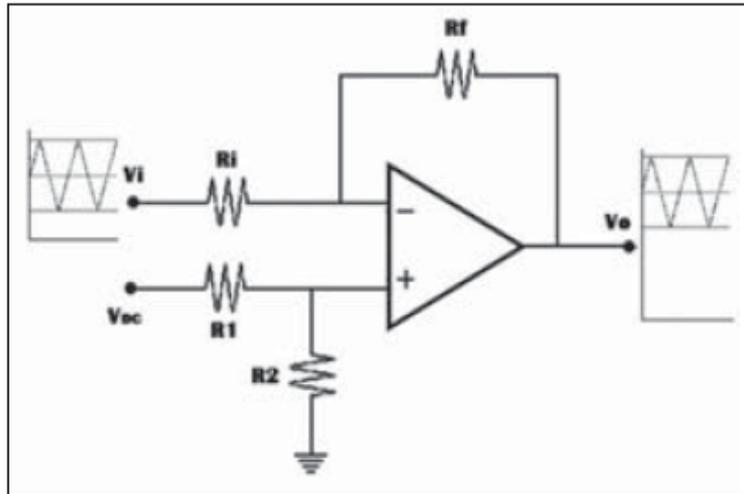


Figura 7. Circuito Fijador Nivel DC.

El XR-2206 es un circuito integrado monolítico generador de funciones con la capacidad de producir formas de onda senoidal, cuadrada, triangular, rampa y pulsos de alta calidad, estabilidad y precisión. Además, la señal de onda de salida puede ser controlada en amplitud y frecuencia por un voltaje externo, y la frecuencia de operación se puede seleccionar externamente en un rango de 0,01 Hz a 1 MHz. Una de las ventajas de trabajar con este circuito integrado es que presenta un nivel de desplazamiento DC de la señal de onda generada aproximadamente de $V_{cc}/2$, por lo que la polarización para este integrado es aproximadamente 18V para que entregue un nivel DC de 9V y de esta manera evitar la etapa de adaptación de la señal para la banda de 850 MHz.

Finalmente, se generó una onda con la frecuencia máxima alrededor de los 750 KHz y no a la 1 MHz como fue indicado en la hoja de especificaciones del XR-2206; en la Figura 6, se puede observar que al aumentar la frecuencia, la señal triangular pierde su forma y tiende a ser sinusoidal.

2.2.4 Bloque adaptación de la señal

La adaptación de la señal consiste en fijar un nivel DC para la onda triangular, de modo que quede

centrada para que al aplicarse como entrada del VCO, corresponda en la salida al barrido frecuencial deseado. Esta etapa solo fue necesaria para la banda de 1900 MHz. El circuito seleccionado es mostrado en la Figura 7. (Muhammad, 2000).

Si $R_1=R_2$ y $R_i=R_f$, se obtiene que V_{DC} , como su nombre lo indica, es un voltaje DC y por lo tanto el voltaje de salida solo cambiará en el nivel DC de la señal.

Finalmente, se implementó este bloque con el circuito integrado OPA4131, el cual ofrece un alto rendimiento a un bajo costo, tiene un ancho de banda de operación de 4 MHz y soporta voltajes de polarización de hasta 36 voltios.

En la Figura 8, se puede observar que el nivel de DC es aproximadamente 9 y 15,5 voltios para las bandas de 850 MHz y 1900 MHz, respectivamente.

2.2.5 Bloque amplificador RF

Teniendo en cuenta la relación costo-beneficio se seleccionan los amplificadores de radiofrecuencia tipo coaxial ZX60-P162LN+ y ZX60-242GLN+ para las bandas de 850 MHz y 1900 MHz, respectivamente. Además de su función como am-

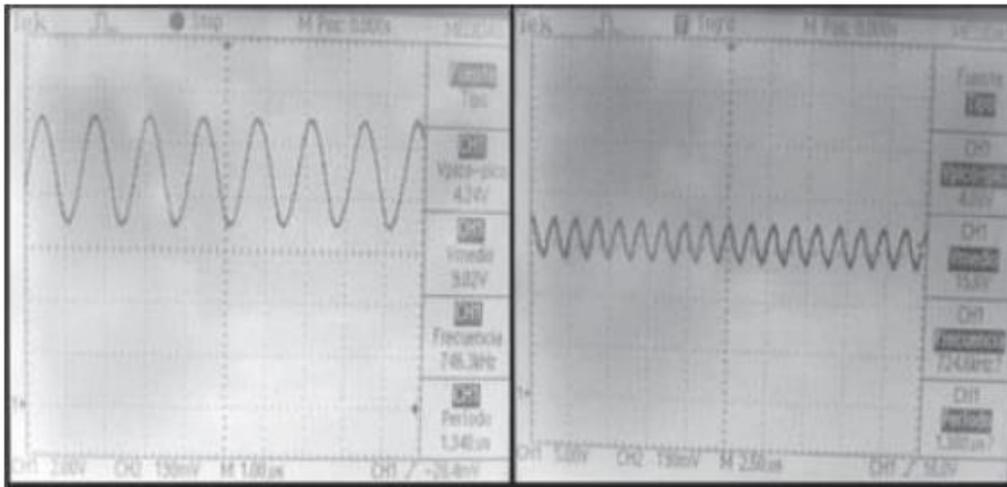


Figura 8. Señal adaptada para la Banda de 850 MHz y 1900 MHz.

plificador, permitieron el acople de impedancias respectivo con las antenas consiguiendo un aumento notable, en el radio de inhibición.

En la Figura 9, se observan los niveles de potencia de la salida de ambos amplificadores de RF, teniendo en cuenta que el dispositivo Analizador de Espectros Anritsu, tiene por defecto una atenuación de 20 dBm para la protección del equipo que deben ser sumados al valor mostrado en la imagen; para la banda de 850 MHz debe tenerse en cuenta que la medida fue tomada con un dis-

positivo atenuador de 20 dBm como protección extra.

Para la banda de 1900 MHz no es necesario tener en cuenta esta atenuación, debido a que el dispositivo atenuador fue colocado a la entrada del Amplificador RF para evitar que la salida del VCO supere los niveles de potencia máximos soportados por el Amplificador RF. Conociendo estos detalles, los niveles de potencia real promedio para la banda de 850 MHz son de 25 dBm y de 20 dBm (100 mW) para la banda de 1900 MHz.

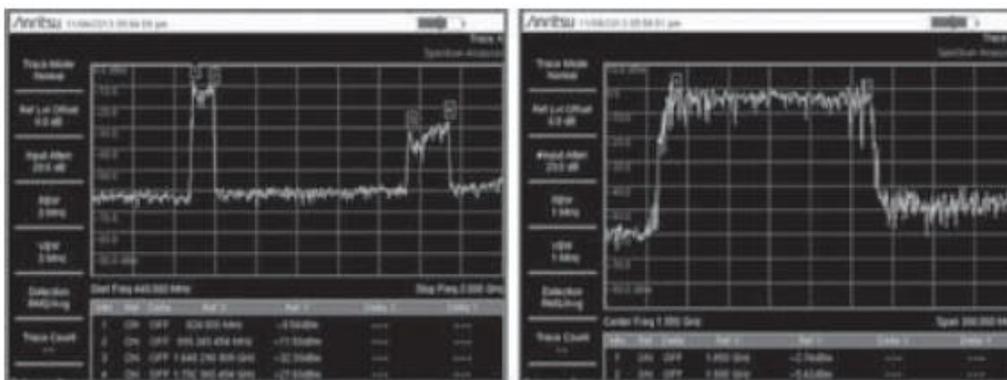


Figura 9. Salida del Amplificador RF en las bandas de 850 MHz y de 1900 MHz, respectivamente.

2.2.6 Bloque antena

Se utilizaron antenas "indoor", las características más importantes que se tuvieron en cuenta para la selección de la antena fueron la ganancia, frecuencia de operación, costo y una impedancia de 50 ohmios para conseguir acoplamiento directamente con los amplificadores RF.

Con el Analizador de espectros ANRITSU, se analizaron varios tipos de antenas, que fueron:

- Antenas de router Wi-Fi Huawei y Dlink.
- Antena GSM MAG de bajo costo, 9,5 cm de longitud y ganancia de 3dBi.
- Antena GSM SMA 3M de bajo costo, ganancia de 3,5 dBi y frecuencia de operación en la banda de 890 MHz y 1800 MHz.
- Antena Whip Magnética MARPED AWI-DB819-5 con una longitud de 32,5 cm, ganancia de 5dBi y opera en las frecuencias de 824-960 MHz y 1850-1990 MHz.
- Antena Whip Magnética MARPED AWI851-7 con una longitud de 60 cms, ganancia de 7 dBi y frecuencia de operación de 824 a 890 MHz.

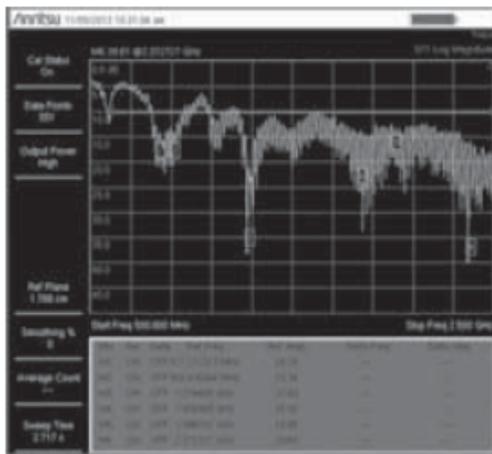


Figura 10. Análisis de frecuencia Antena Whip Magnética MARPED AWI851-7.

Se concluyó que las antenas de mejor comportamiento fueron la antena Whip Magnética MARPED AWIDB819-5 para la banda de 1900 MHz y la antena Whip Magnética MARPED AWI851-7 para la banda de 850 MHz, el comportamiento de esta última se puede observar en la Figura 10.

2.3 Diseño del impreso o PCB (printed circuit board)

El software utilizado fue el MULTISIM, el cual cuenta con una plataforma de fácil manejo, trabaja con el modelo SPICE comercial, a través de un entorno gráfico, con esquemas de circuitos de fácil comprensión. El programa es utilizado para identificar errores, observar el comportamiento de los diseños realizados y generar prototipos. Además de realizar los esquemáticos es capaz de hacer una transferencia a NI UTILBOARD, para los modelos de las placas de circuitos impresos (PCB) terminadas. Para el correcto funcionamiento de la placa, es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Tener en cuenta la longitud y el grosor de las pistas porque éstas suelen tener un efecto resistivo que puede incrementar algún valor no deseado de resistencia y causar caídas de tensión; también se debe tener en cuenta la corriente máxima. Las pistas deben ser lo más cortas posibles.
2. Por el manejo de altas frecuencias en el proyecto, se recomienda que las curvas de las pistas no superen ángulos de 45° porque se podría producir una auto inducción sobre la misma, dañando o deformando la señal enviada.
3. No colocar pistas, ni componentes cerca a los bordes de la placa donde puedan hacer contacto con los tornillos exteriores o de fijación para evitar cortos y descargas eléctricas, así mismo, tener en cuenta la separación entre pistas que depende del voltaje y corriente que vaya a circular por cada una, en este caso fue

de 0.3 mm de holguras o de separación ya que no se excedió los 35 voltios.

4. Debe utilizarse PCB de fibra de vidrio para brindar estabilidad y seguridad de los componentes electrónicos. En este caso, se utilizó una placa rígida de fibra de vidrio con cobre de una sola capa.
5. No se recomienda el uso de PCB o placas de doble capa por las elevadas capacitancias parásitas, en caso de que se utilicen este tipo de placas es recomendable evitar paralelismo entre las pistas.
6. Los elementos ubicados deben estar lo más cerca posible para evitar efecto de carga en las pistas de interconexión.
7. La alimentación debe estar bien filtrada.
8. Cada etapa que se realice debe estar blindada (holguras) unas con otras.
9. Se recomienda utilizar un plano de potencia o también llamado plano de masa (tierra).
10. Las fuentes de alimentación de los osciladores deben ser totalmente independientes a la de los amplificadores.
11. Colocar condensadores de $0.1\mu\text{F}$ entre la salida de las fuentes y tierra, lo más cercano posible a los circuitos integrados para evitar

ruidos de conmutación producidos por los circuitos digitales.

12. Las bobinas, nunca deben estar cercanas entre ellas o ubicadas de forma paralela a la placa para evitar el dominio de los campos electromagnéticos sobre los componente electrónicos, recordar que las bobinas son solenoides y su campo magnético se concentra sobre su eje axial.
13. Se recomienda que los condensadores cerámicos sean de tipo NPO (negativo positivo cero), porque estos condensadores tienen una gran estabilidad de temperatura y son utilizados en osciladores, resonancia y filtros.
14. Los condensadores electrolíticos deben ser de buena calidad.
15. Hay que tener en cuenta el empaquetamiento de los elementos a utilizar.
16. Tener cuidado con la temperatura de funcionamiento de los elementos.
17. Se aconseja dejar puntos de pruebas.

En la Figura 11, es ilustrado el diseño final de la placa PCB y su respectiva vista en 3D.

El siguiente paso es generar el archivo para poder realizar el respectivo quemado de la placa. En este caso, se creó un archivo con formato GBR

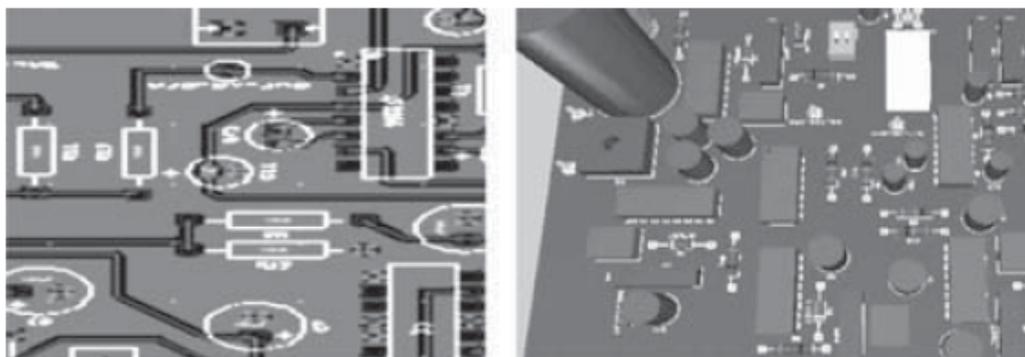


Figura 11. Diseño final de la placa PCB y su respectiva vista en 3D.

compatible con la máquina que realiza el quemado de la placa, este archivo se importa desde el software respectivo de la máquina LPKF LASER & ELECTRONICS para que se realice el impreso en la placa. Finalmente, se procede a soldar los elementos en la placa.

2.4 Pruebas de Campo

Las pruebas de campo consistieron en colocar las antenas del prototipo inhibidor en un sitio fijo y los celulares a 40 cms de distancia, se encendió el inhibidor y se capturaba el tiempo que tardaba el celular en perder la señal, después se apagaba el inhibidor y se anotaba el tiempo que tardaba en recuperar la señal el celular. Este proceso se repitió cada 40 cms hasta alcanzar una distancia de 5 metros. Los celulares utilizados fueron:

- BlackBerry 9700 Bold.
- Sony Xperia Sola
- Nokia 1100
- LG-T395

Para cada celular se aplicaron mediciones con *simcard* de cada uno de los tres operadores y para cada operador se modificó los diferentes tipos de red soportados por el celular (2G, 3G y los dos al mismo tiempo). En la Figura 12, se puede obser-

var las evidencias cuando la señal celular estaba bloqueada.

3. Resultados y Conclusiones

La Figura 13 muestra el prototipo inhibidor de señal celular construido en este proyecto. Este prototipo, tiene un radio efectivo de cobertura de 3 metros. Por fuera de este radio también inhibe la señal celular pero puede suceder que el celular no pierda totalmente la señal o darse el caso de entrar una llamada pero con degradación de la comunicación.

Por medio de este proyecto se confirma que el ruido es el elemento más nocivo para las comunicaciones móviles y basados en las pruebas efectuadas se verificó que la señal del operador TIGO fue la que siempre presentó mayor resistencia para ser inhibida.

4. Recomendaciones.

- Adquirir equipos y herramientas idóneos para el desarrollo de este tipo de proyectos de telecomunicaciones.
- Realizar gestión y convenios con empresas de telefonía celular para profundizar en el desa-



Figura 12. Los celulares cuando el prototipo inhibidor está encendido.



Figura 13. Prototipo inhibidor de señal celular construido.

rollo e implementación de este tipo de dispositivos.

- Estudiar la posibilidad de hacer uso de estos dispositivos inhibidores sin permiso del MIN-TIC, soportado bajo el concepto de autonomía universitaria.
- Ampliar el rango de operación del prototipo para que también inhíba la señal Wi-Fi y bluetooth.

5. Referencias Bibliográficas

1. Colaboradores de Wikipedia. Ruido blanco [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2013 [fecha de consulta: 25 de octubre del 2013]. Disponible en <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ruido_blanco&oldid=67202815>. Último acceso: Marzo de 2014.
2. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - Dirección de Comunicaciones, 2010. Documento de política. Banda 2.500 a 2.690 MHz. [en línea]. Disponible en <<http://archivo.min-tic.gov.co/mincom/documents/portal/documents/root/agutierrez/docs/01DocumentodePoliticaIMT.pdf>>. Último acceso: Abril de 2014.
3. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Boletín trimestral de las TIC – Cifras primer trimestre de 2012. [en línea]. Disponible en <http://201.234.78.59/colombiatic/images/sectorial/boletin_banda_ancha_vive_digital_1t_2012.pdf>. Último acceso: Abril de 2014.
4. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2013. Resolución No 2774: por la cual se reglamenta el uso de Inhibidores, Bloqueadores y Amplificadores de Señales Radioeléctricas.
5. Muhammad H. Rashid, Circuitos Microelectrónicos, Análisis y Diseño. Mexico: International Thomson Editores, 2000. 991p. ISBN 968-7529-79-2.
6. Poisel Richard, Modern Communications Jamming. Principles and Techniques. Segunda Edición. Estados Unidos de América: Artech House, 2011. 870p. ISBN-13 978-1-60807-165-4.
7. Vargas Víctor Manuel, 2004. Territorio Libre de Celulares. [en línea]. Disponible en <<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1499200>>. Último acceso: Marzo de 2014.