



INSTITUTO ARGENTINO DE RADIOASTRONOMIA

CONTROL AUTOMATICO DE GANANCIA PARA
BACK-END DE LINEAS ESPECTRALES

2006

PREPARADO POR:

Guillermo M. Gancio,

08/05/2006_____
Fecha

REVISADO POR:

Daniel Perilli

22/11/2006_____
Fecha

APROBADO POR:

Juan Carlos Olalde

22/11/2006_____
Fecha

Contenido

1	Introducción.....	1-3
2	El sistema en la actualidad.....	2-3
3	Requerimientos del nuevo diseño	3-4
4	Diseño del primer prototipo.....	4-5
5	Descripción de funcionamiento del primer prototipo	5-8
6	Teoría de Funcionamiento para el CAG	6-9
7	Distribución de los circuitos	7-10
8	Construcción del primer prototipo	8-11
9	Programación del prototipo	9-12
10	Mediciones realizadas al prototipo	10-15
11	Diseño del modelo final.....	11-18
12	Gráficos	12-25



1 Introducción

En el presente documento se describe el diseño, construcción y medición de un dispositivo para el control automático de ganancia o “CAG”, mediante atenuadores digitales sobre la segunda etapa de frecuencia intermedia en 30Mhz del receptor de líneas espectrales para HI-1420Mhz.

Se dará explicación de los dispositivos actuales de la segunda etapa de FI para el control de ganancia y los requisitos para el nuevo dispositivo. Se hará un análisis de un diseño propuesto con medidas relacionadas al CAG, para pasar al diseño y construcción de un prototipo y el modelo final junto a su construcción; se realizaran mediciones en el banco de pruebas, con lo que se podrá verificar el funcionamiento del dispositivo y como ultima etapa se realizaran mediciones en la segunda etapa de frecuencia intermedia, con lo cual se obtendrán los datos de funcionamiento crítico del dispositivo, se finaliza con la revisión del prototipo, integración al radiotelescopio y la integración del modelo final.

2 El sistema en la actualidad

La necesidad de ajustar la señal de RF en un nivel determinado esta dada por los requerimientos del mezclador de banda base o B.B.M. (del ingles Base Band Mixer) junto al correlador digital de 1008 canales y el tipo de receptor utilizado (de inyección de ruido). El B.B.M. tiene la capacidad de manejar, ya sea de forma manual o automática a través de una PC de control, un banco de filtros con distintos anchos de banda (9 en total) en la etapa de frecuencia intermedia antes de hacer la mezcla a banda base para la salida de video y digital que alimentan al autocorrelador.

Estos filtros van desde 0.039Mhz hasta 10Mhz de ancho y debido a la distribución del nivel de señal en cada ancho de banda, a la entrada se debe variar el nivel de señal desde $\sim -40\text{dBm}$ en anchos de banda mayores hasta $\sim -17\text{dBm}$ (donde el BBM entra en saturación) en los anchos de banda menores o angostos. Este ajuste del nivel se puede hacer desde los BBM solo de forma manual mediante tres llaves selectoras de atenuación ubicadas sobre el frente en pasos de 10dB, 1dB y .1dB.

Esto significa que una vez seleccionado el filtro deseado se deberá ajustar el nivel de entrada adecuado y cada vez que se selecciona un filtro distinto se debe recalibrar el nivel de entrada; para realizar esto y verificar que los niveles sean correctos se dispone de un indicador analógico y una salida de prueba (TPX1) del detector de video que tiene incorporado el BBM, cuyo valor de tensión correcto debe estar centrado en 1.05V, (sin importar el filtro seleccionado) que se puede acceder desde el frente del instrumento, además de este ajuste de nivel, es necesario por requerimiento del autocorrelador de 1008 canales, para observaciones espectrales realizar un ajuste de nivel en forma periódica durante la observación astronómica, es decir que cada cierto tiempo (un min. típico) se debe realizar un ajuste de nivel, este ajuste se realiza con la finalidad de compensar variaciones en la ganancia del sistema y debido a las variaciones de señal entre distintos puntos de observación y velocidades radiales, donde cambios del orden de 0.5dB o menores en el nivel de señal pueden generar errores para los archivos de observación anulando esas observaciones.

El sistema de control de ganancia implementado anteriormente podía controlar el rango de nivel de señal en pasos de 0.1dB con 16.5dB de rango dinámico sobre la segunda etapa de frecuencia intermedia de 30Mhz una vez ajustado de forma manual el nivel de potencia del filtro deseado, es decir una vez seleccionado el filtro a utilizar, de forma manual se debía ajustar de forma aproximada el nivel de potencia para luego la PC de observación realice el ajuste fino durante la observación y así ajustar el nivel de potencia en el rango óptimo de funcionamiento del B.B.M. de forma automática.

A continuación se muestra un diagrama del sistema implementado en la segunda etapa de FI.



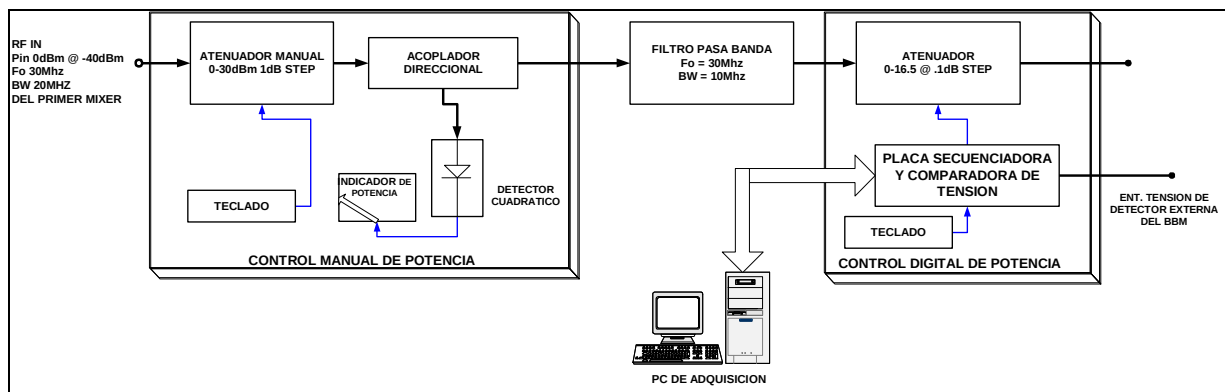


Figura 1 Diagrama actual

A continuación se describe el funcionamiento del sistema:

Una vez seleccionado el ancho de banda del BBM, a través de la PC de adquisición o de forma manual, se deberá ajustar manualmente sobre el primer banco de atenuadores por pasos de 1dB, los niveles para que el nivel de señal entre en el rango de operación del BBM. Luego una vez iniciado el programa de adquisición y control del receptor, la computadora se encargara de realizar el ajuste fino del nivel de entrada al BBM utilizando los atenuadores digitales, con resolución de 0.1dB, utilizando como referencia la tensión de salida del detector (TPx1 de 1.05V) del BBM. Para evitar pequeños errores debido a variaciones de ganancia menores a 0.1dB, el control de nivel ajustara en un ciclo por arriba de la referencia y en el ciclo siguiente por debajo de la referencia, con esto se logra al finalizar la observación se obtenga un promedio de la señal que elimina las pequeñas variaciones de señal y de ganancia. Una vez que este último control de nivel quede establecido, el control digital habilita a la PC de adquisición para comenzar la toma de datos del radiotelescopio, mediante el autocorrelador de 1008 canales. Si durante la observación se desea seleccionar otro filtro del banco de filtros del BBM un operador de forma manual deberá realizar nuevamente la operación antes descrita para ajustar de forma manual el rango de señal a la entrada del BBM.

3 Requerimientos del nuevo diseño

Lo que se busca es actualizar el sistema descrito anteriormente mediante la automatización total del instrumento, para ello se realizara un CAG utilizando los mismos atenuadores digitales y el mismo esquema de funcionamiento, además deberá cubrir todo el rango de nivel de señal de entrada sobre el BBM, sin importar que filtro se haya seleccionado o si se desea cambiar de uno a otro durante una observación; este control se manejara de forma automática (vía PC de control) o de forma manual, junto a estos requisitos se decidió agregar algunas prestaciones más, que se detallan a continuación:

Monitoreo de la potencia de salida:

Esto es para evitar que llegue un nivel de señal que pueda saturar al BBM.

Lazo controlado por un micro controlador o uC:

Se usaran conversores A/D para monitoreo de la tensión del detector de video del BBM y realizar el ajuste de los atenuadores.

Comunicación en líneas balanceadas RS-422 mediante uC para el control automático y señales de alarma.

Control manual para el ajuste automático de nivel de señal.



Con estas prestaciones se espera que el dispositivo presente una mayor flexibilidad de operación y una mayor capacidad de monitoreo y control sobre las señales de FI.

4 Diseño del primer prototipo

Los requerimientos del primer prototipo son los siguientes:

- Rango dinámico > 45dB
- Pasos de atenuación = 0.1dB
- Entrada externa del detector del B.B.M.
- Capacidad de realizar un ajuste manual
- Maxima potencia de entrada 0dBm

Como primer paso para poder cubrir estos requerimientos se realizaron medidas sobre el BBM en cada filtro para poder conocer su rango dinámico en tensión sobre el punto de operación deseado, para ello se utilizo un generador de ruido MACOM un atenuador variable Marconi, con esto variando el nivel de señal (ruido) a la entrada se monitorea la tensión de salida de video del BBM (TPx1), a continuación se muestran la mediciones realizadas.

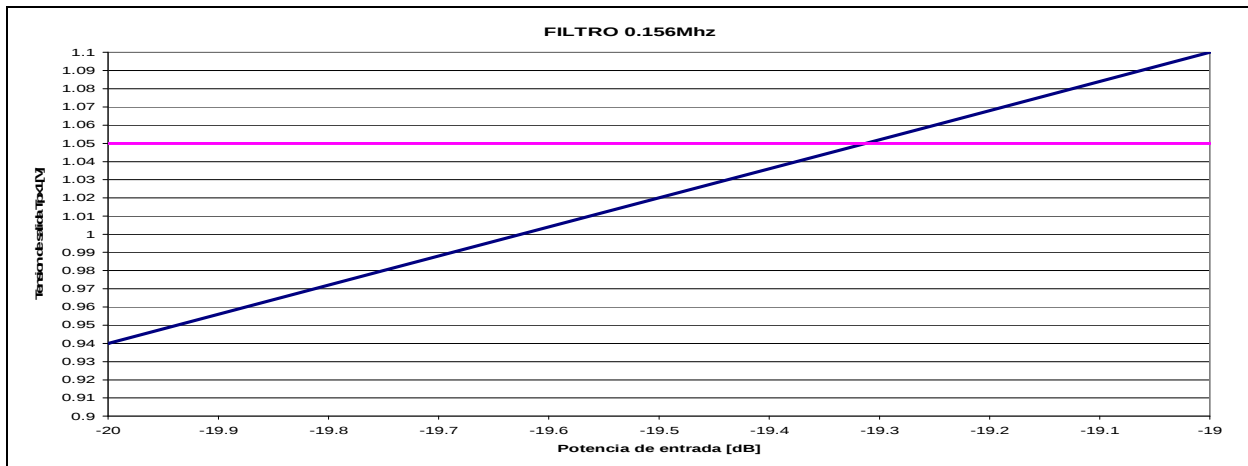


Figura 2 FILTRO DE 0.156Mhz

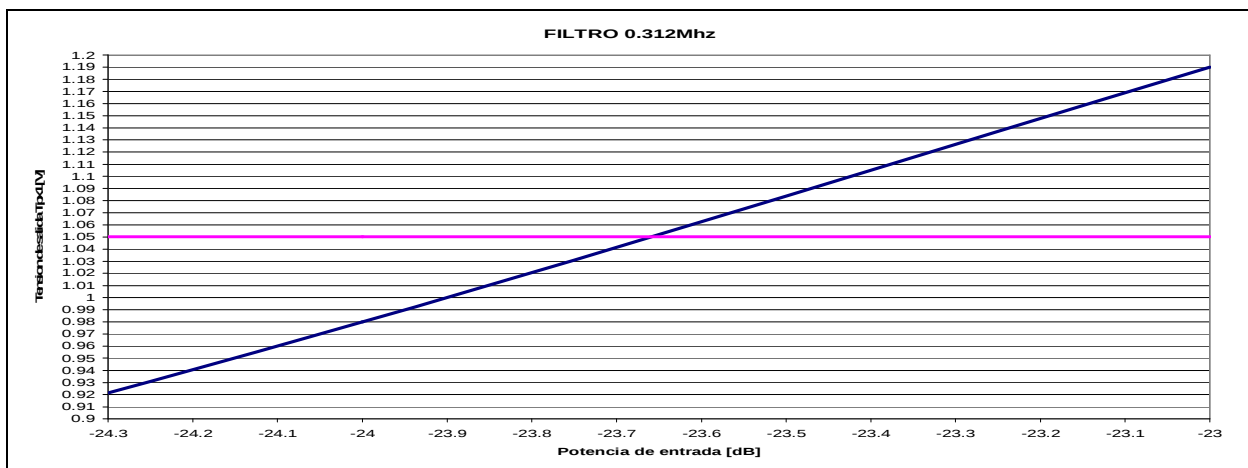


Figura 3 FILTRO DE 0.312Mhz



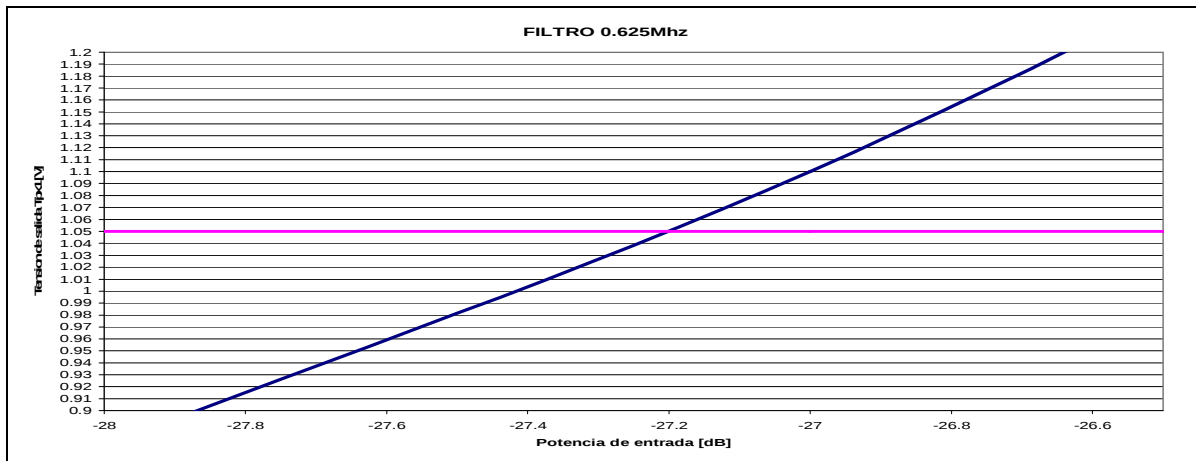


Figura 4 FILTRO 0.625Mhz

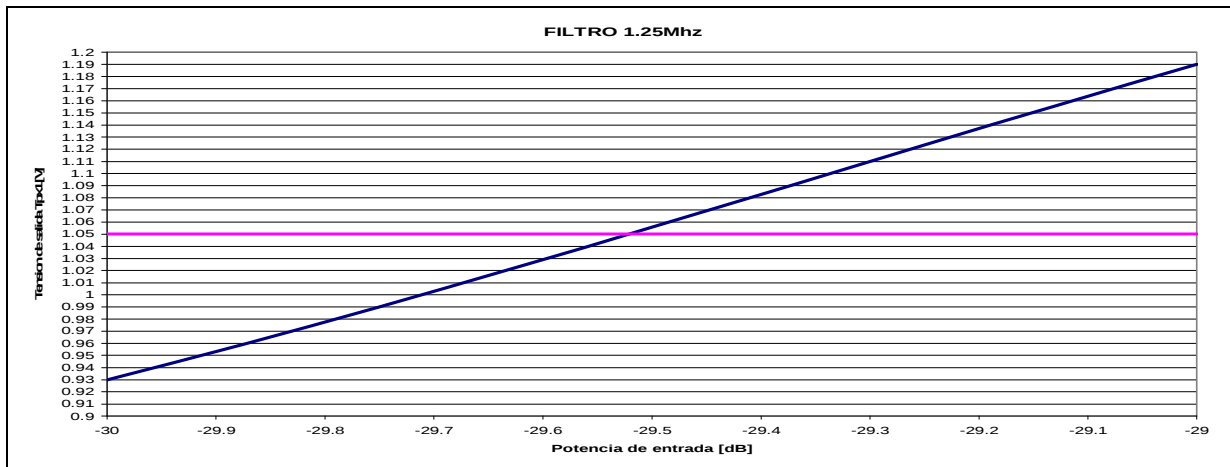


Figura 5 FILTRO 1.25Mhz

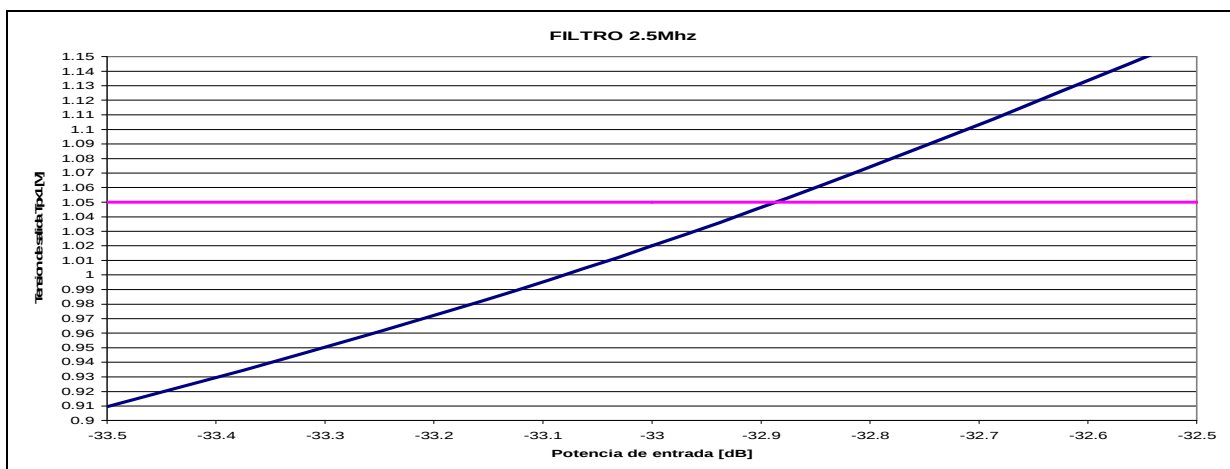


Figura 6 FILTRO 2.5Mhz



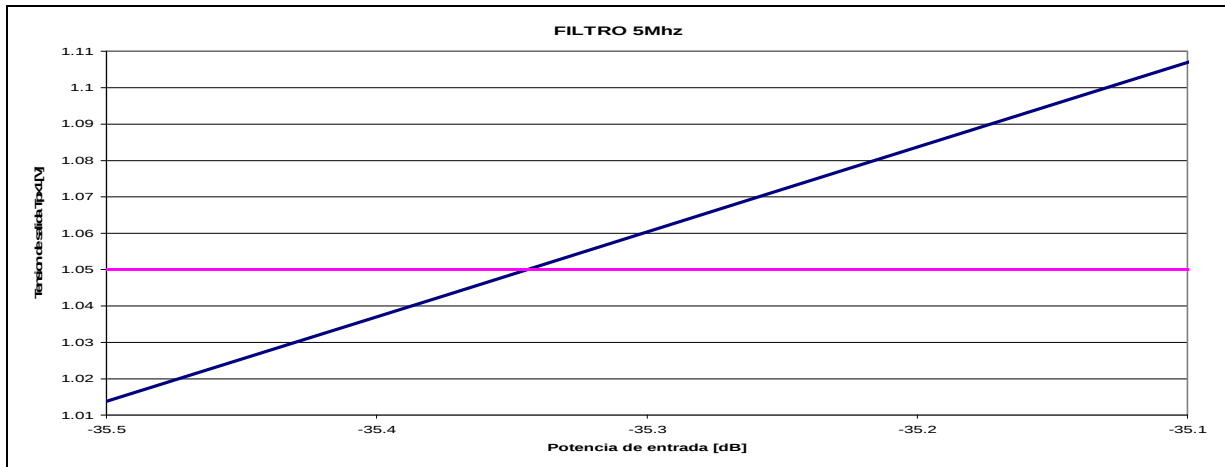


Figura 7 FILTRO DE 5Mhz

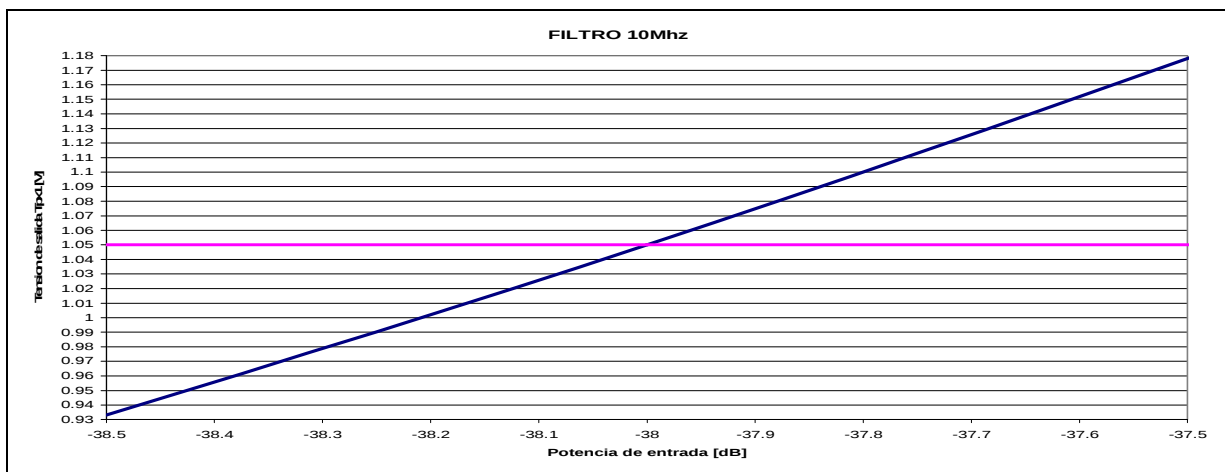


Figura 8 FILTRO DE 10Mhz

En función de estas medidas se realizó una primera aproximación del funcionamiento del sistema y a una selección de componentes. Para poder realizar los pasos de 0.1dB se decidió utilizar el mismo atenuador utilizado en el dispositivo anterior este atenuador corresponde a la firma KAY siendo el modelo 1/4550, con un rango de 16.5dB totales de atenuación. Para ampliar el rango de atenuación se decidió agregar atenuadores digitales de la firma MA/COM modelos AT-220 que presentan una atenuación de 30dB con pasos de 2dB. Para el primer prototipo se decidió utilizar 2 atenuadores quedando en total 76.5dB de rango dinámico. Además se incluyó un amplificador de RF para aumentar la ganancia al sistema y se ubicaron divisores de potencia en la entrada y salida junto a un detector de RF. Tanto el control de los atenuadores digitales como las lecturas de tensión del detector de RF y la referencia de tensión del BBM son manejados por un uC de la firma microchip, se seleccionó un uC de la gama media de esta empresa, el modelo PIC16F877 y un CPLD de la firma Xilinx.

A continuación se muestra un diagrama en bloques propuesto para el prototipo.



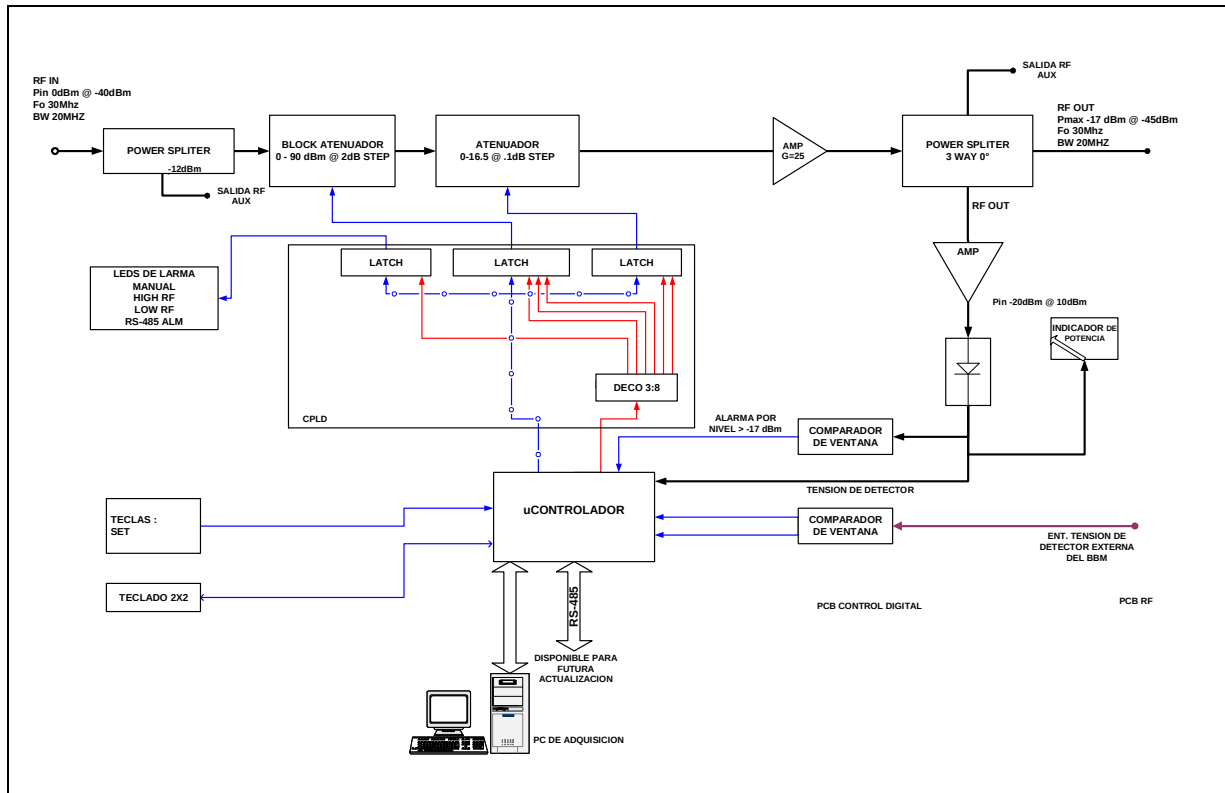


Figura 9 Diagrama propuesto

5 Descripción de funcionamiento del primer prototipo

El dispositivo se podrá operar de la siguiente manera:

Control manual:

El usuario podrá realizar cambios en los niveles de atenuación mediante un teclado por pasos de 1dB y 0.1dB y además se cuenta con un pulsador para el establecimiento automático del nivel de señal y en función de la tensión de referencia que le provee el BBM, además de un pulsador para pasar del modo remoto, modo que entra al recibir un comando de la PC de control al modo manual.

Control remoto:

De forma remota la PC de control podrá indicarle al dispositivo que realice el establecimiento de nivel de señal utilizando la tensión de referencia del BBM, realizando además un control de las alarmas provistas por el dispositivo.

Junto a esto el instrumento cuenta con indicativos de alarmas para de forma visual saber en que estado se encuentra el instrumento y los niveles de señal.



6 Teoría de Funcionamiento para el CAG

Para el funcionamiento del instrumento se deberá conectar la salida de frecuencia intermedia de 30Mhz del segundo mezclador de FI a la entrada del control de ganancia (CAG) **0dBm maximo** y la salida de este a la entrada de BBM , la salida del diodo detector de video del BBM (TPx1) se deberá conectar a la entrada de referencia del CAG.

Para el ajuste de la ganancia el dispositivo se comporta de la siguiente forma:

La tensión de referencia del BBM es ingresada al uC por dos caminos distintos, uno es al conversor A/D de 10bits del uC el cual proveerá una lectura de la tensión de entrada al sistema, la otra es a un comparador de ventana realizado con amplificadores operaciones. Este comparador estará calibrado de manera tal que entregue al uC niveles lógicos, estos le indicaran de forma inmediata al uC si la tensión de referencia del BBM esta por debajo o por arriba de los 1.05V (con un delta de ± 0.05 dB) de tensión que debe tener el BBM para su correcta operación. Una vez iniciada la calibración ya sea de forma local o remota, el código del uC ubicara los atenuadores digitales en un punto medio tanto los MA/COM como los KAY y comenzara el ciclo de ajuste. El ciclo de ajuste consta de dos etapas:

Primera etapa de control:

Se le llama al control grueso de ganancia al control de los atenuadores MA/COM de 2dB de paso en el cual se hará un ajuste para estar en ± 1 dB del punto de operación; para ello la señal del detector del B.B.M. es llevada al conversor analógico digital del uC (A/D), este conversor es de 10bits con lo cual en un rango de 5V tenemos 1024 valores lo que nos da una resolución de 4,5mV si analizamos el rango dinámico que tenemos en la salida del diodo detector del BBM vemos que tenemos en pasos de 1dB los siguientes valores:

dBr	Vout
8	0.122
7	0.165
6	0.215
5	0.284
4	0.385
3	0.509
2	0.675
1	0.88
0	1.14
-1	1.415
-2	1.69
-3	2.03
-4	2.44
-5	2.9
-6	3.43
-7	3.99
-8	4.58

En la tabla se observan las variaciones de tensión en función de la atenuación con respecto al valor central 1.05V, la mínima variación en tensión con pasos de 1dB es de 43mV con lo que para la resolución del A/D se ve unas 9 veces, con lo cual se puede identificar dentro del rango de ± 8 dBr (16dB total) con una resolución de 1dB.



Una vez realizada la conversión e identificado el nivel en el cual se encuentra el valor del diodo detector, se procede a agregar o sacar atenuación en pasos de 2dB para luego configurar directamente el valor de atenuación correspondiente y verificar una vez mas en que rango se encuentra, en caso de estar por debajo o por encima de los valores máximos el uC realizara esta operación hasta quedar dentro del rango deseado de ± 1 dB centrado en el rango de operación del B.B.M.

Con este procedimiento se puede reducir el tiempo que el uC tarda en llegar al valor deseado.

Cada ciclo de verificación tiene un tiempo de seteo estimado de 10mSeg suponiendo que se encuentre en el peor caso que sería bajar 45dB de atenuación tendríamos que realizar un ajuste de 22dB lo que llevaría un tiempo de 220mSeg aproximadamente para entrar en el rango deseado del conversor A/D. En esta etapa solo se ajustan los atenuadores MA/COM.

Segunda etapa de control:

Una vez realizado el ajuste anterior se procede a la lectura del nivel lógico que entrega el comparador.

Este comparador dará un estado alto o bajo en función la tensión del diodo detector del BBM este por arriba o por debajo de una referencia interna del CAG, el uC leerá esta señal y actuara agregando o sacando atenuación en pasos de 0.1dB hasta tener la lectura opuesta, es decir si lee un “uno” lo que indica que la señal esta por arriba de la tensión de referencia agregara pasos de 0.1dB hasta ubicar la señal por debajo o tener la indicación de “cero”, con esto se logra que al terminar cada ciclo de ajuste de nivel la señal este 0.1dB mas o menos respecto el nivel anterior, para que el promedio sobre el correlador de 1008 canales este siempre alrededor de un mismo valor de operación o referencia.

Para evitar saltos innecesarios debido a las indeterminaciones del comparador de ventana , que equivalen a ± 0.05 dB aproximadamente el uC realiza un ciclo de verificación en el cual realiza la lectura del comparador varias veces hasta obtener o no un cambio en el estado digital, este ciclo toma que 10mSeg se realiza 3 veces lo que lleva a esta operación tardar 30mSeg, en el peor caso de tener que ajustar 2dB el tiempo total de operación sería de 600mSeg.

Una vez terminados ambos ciclos de operación el sistema libera la señal de alarma que genera al iniciar el ajuste de nivel para indicarle a la PC de observación que esta lista para continuar. El tiempo total de ajuste para el peor caso sería de 220mSeg + 600mSeg = 820mSeg,

Cabe destacar que estos tiempos de operación son en condiciones ideales de trabajo, cuando el sistema se integra al receptor de 1420Mhz en función del filtro seleccionado se vera también una mayor o menor cantidad de ruido detectado por el B.B.M. lo que tendrá como efecto sobre el CAG que tenga que realizar mas ciclos de verificación, con ello mayor el tiempo de operación para llegar al valor deseado.

Durante cada operación o ciclo de ajuste el uC estará verificando una señal que proviene del detector interno del CAG , esta señal que pasa por un detector de ventana se utiliza para detectar y evitar que el nivel de entrada no supere los -17dBm, si esta condición se cumpliera el sistema no puede llegar a bajar el nivel de señal , pondrá los atenuadores en su máxima atenuación y enviara una señal de alarma a la PC de control, con esto se busca proteger el B.B.M. y dar aviso al soft de control.

7 Distribución de los circuitos

En las siguientes páginas se muestran como están distribuidos los circuitos eléctricos del atenuador digital, el diseño total se separo en tres partes:



Etapa digital:

Esta consta del uC encargado de realizar las operaciones de supervisión y control, un CPLD para mantener los datos en los distintos atenuadores digitales, y los componentes necesarios para realizar la comunicación vía RS-485.

Etapa de acondicionamiento de señales de entrada:

En esta etapa se acondicionan las tensiones de entrada de referencia del BBM y del detector de RF para enviarlas al uC, tanto en forma digital como en forma analógica, con esto se busca mantener la misma impedancia de entrada con respecto a la impedancia de salida del BBM y aumentar el margen para los operacionales que conforman el comparador de ventana para las indicaciones lógicas de los niveles de señal, también se encuentra la tensión de referencia interna, la cual se usa para hacer el ajuste en pasos de 0.1dB esta etapa esta formada por la referencia de tensión de analog devices AD580 la cual entrega 2.5V con un ruido de 10uV y una estabilidad de 20PPM/C.

Etapa de Frecuencia intermedia:

Esta etapa contiene los atenuadores digitales MACOM el atenuador KAY, divisores de potencia un detector de RF y amplificador de RF, los divisores se usan para tener puntos de TP de frecuencia intermedia, la salida detectada del detector de RF que ingresa al uC se utiliza para mantener el nivel de señal por debajo de los -17dBm, y el amplificador de RF para compensar las perdidas inherentes al circuito y estando el sistema en 0dB de atenuación no presente perdidas en la señal. Para el diseño del circuito impreso se decide para este prototipo separar en dos impresos el diseño, por un lado la etapa digital y de acondicionamiento y por otro lado la etapa de frecuencia intermedia.

8 Construcción del primer prototipo

Para la construcción del prototipo se utilizo un chasis para rack de 19" de una unidad.



Figura 10 Frente del instrumento

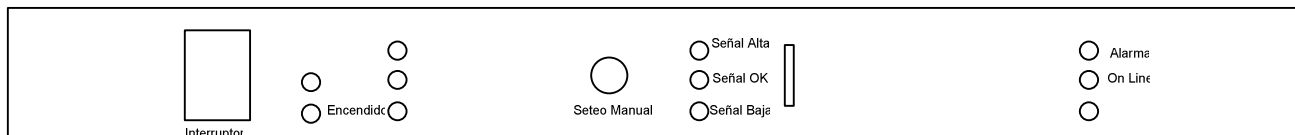


Figura 11 Descripción del frente

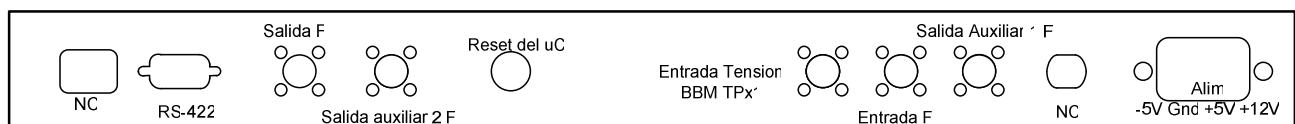


Figura 12 Descripción posterior



9 Programación del prototipo

Para el funcionamiento del prototipo fue necesario realizar el firmware para los dos dispositivos programables, el CPLD y el uC.

El CPLD de la firma Xilinx fue programado en el entorno de desarrollo propietario de Xilinx WebPack ISE 6.2 el firmware realizado en código VHDL recibe instrucciones del uC mediante un bus de datos y direcciones, el bus de direcciones le indica que atenuador debe programar y el bus de datos le indica el valor de atenuación a programar.

A continuación se muestra una parte de la simulación del firmware del CPLD

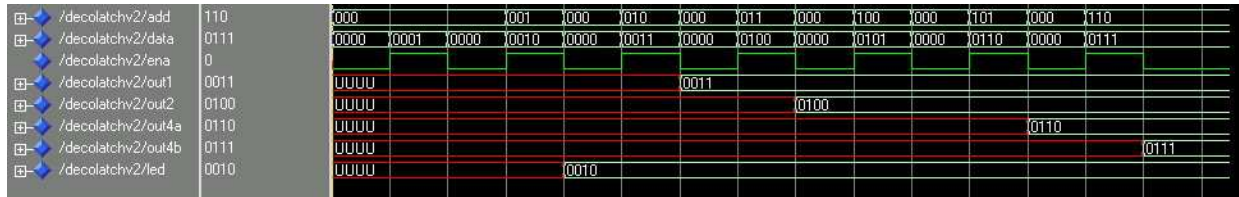


Figura 13 Simulación del código VHDL

El uC fue programado en el entorno propietario de Microchip Mplab IDE 7.2 y verificado utilizando el Mplab ICD 2 (In-Circuit Debugger).

El firmware del uC se encarga de realizar todas las operaciones de control del CAG, como la lectura de tensión proveniente del diodo detector del BBM, los niveles lógicos del comparador de ventana, la lectura de los controles manuales y el control remoto, etc. y la configuración del CPLD y lectura del conversor analógico digital.

El firmware esta dividido en 3 módulos que interactúan entre si, principalmente son:

1) Modulo para control de atenuación:

Este modulo se encarga de controlar los atenuadores digitales utilizando un juego de instrucciones en el cual se maneja la atenuación en distintos pasos, como ser 0,1dB y 2dB con esto se simplifica el desarrollo y manejo del firmware ya que un solo modulo de forma independiente controla el nivel de atenuación; también acepta un valor decimal que representa el valor de atenuación deseado, maneja las rutinas para la calibración de aproximación sucesiva para el ajuste de la señal.

2) Modulo para el control manual:

Este modulo se encarga de la lectura del teclado para realizar los cambios de atenuación en 1dB y 10dB, y del pulsador de calibración manual para el CAG.

3) Modulo para el control remoto:

Este modulo se encarga de la comunicación con la PC de control, para el primer prototipo la comunicación se realiza mediante dos señales, una de comienzo de calibración y otra de alarma, cuando el instrumento recibe la instrucción de calibración, dejara de leer los teclados hasta que sea pasado al modo manual mediante el pulsador correspondiente, la señal de alarma se mantendrá activa mientras dure la condición de calibración o si dado algún caso no lograse cumplir con la calibración.

Junto a estos 3 módulos principales funcionan otros módulos comunes a ellos, como un limitador de potencia que tomando como referencia el detector interno del CAG verifica que no se superen los -17dB de señal máxima.



A continuación se muestra un diagrama en bloques simplificado del funcionamiento del código del uC .

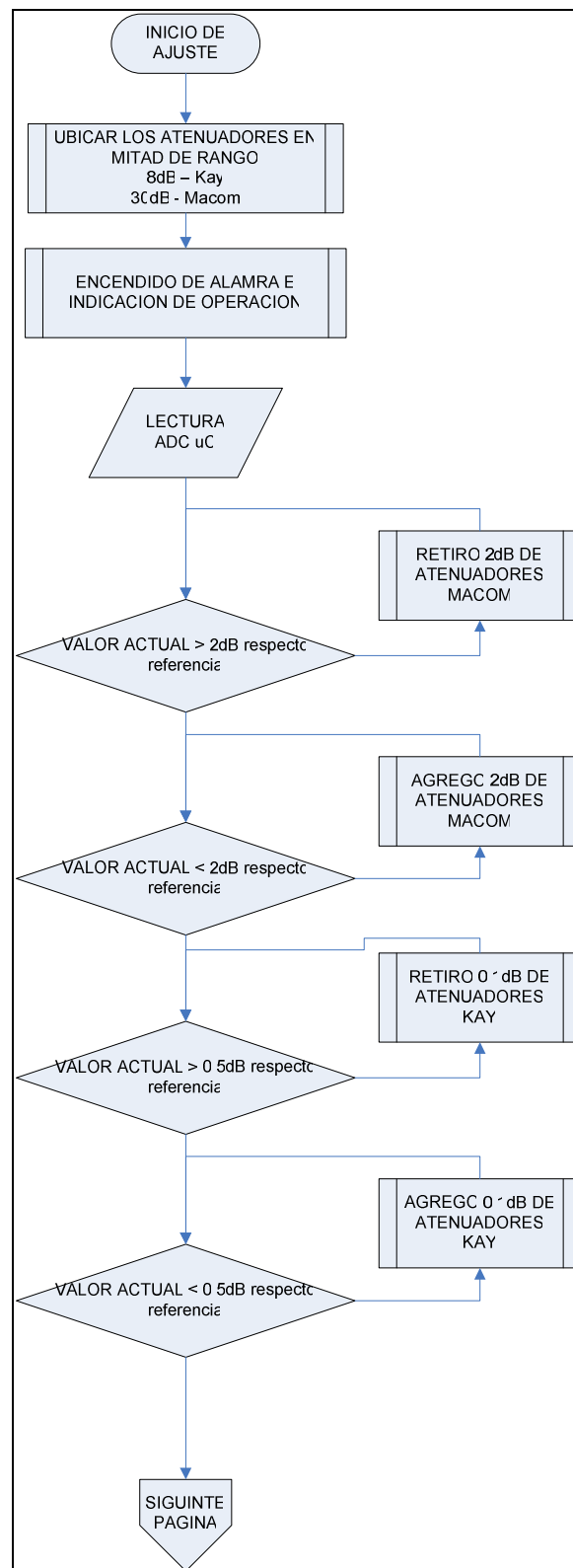


Figura 14 Diagrama del código



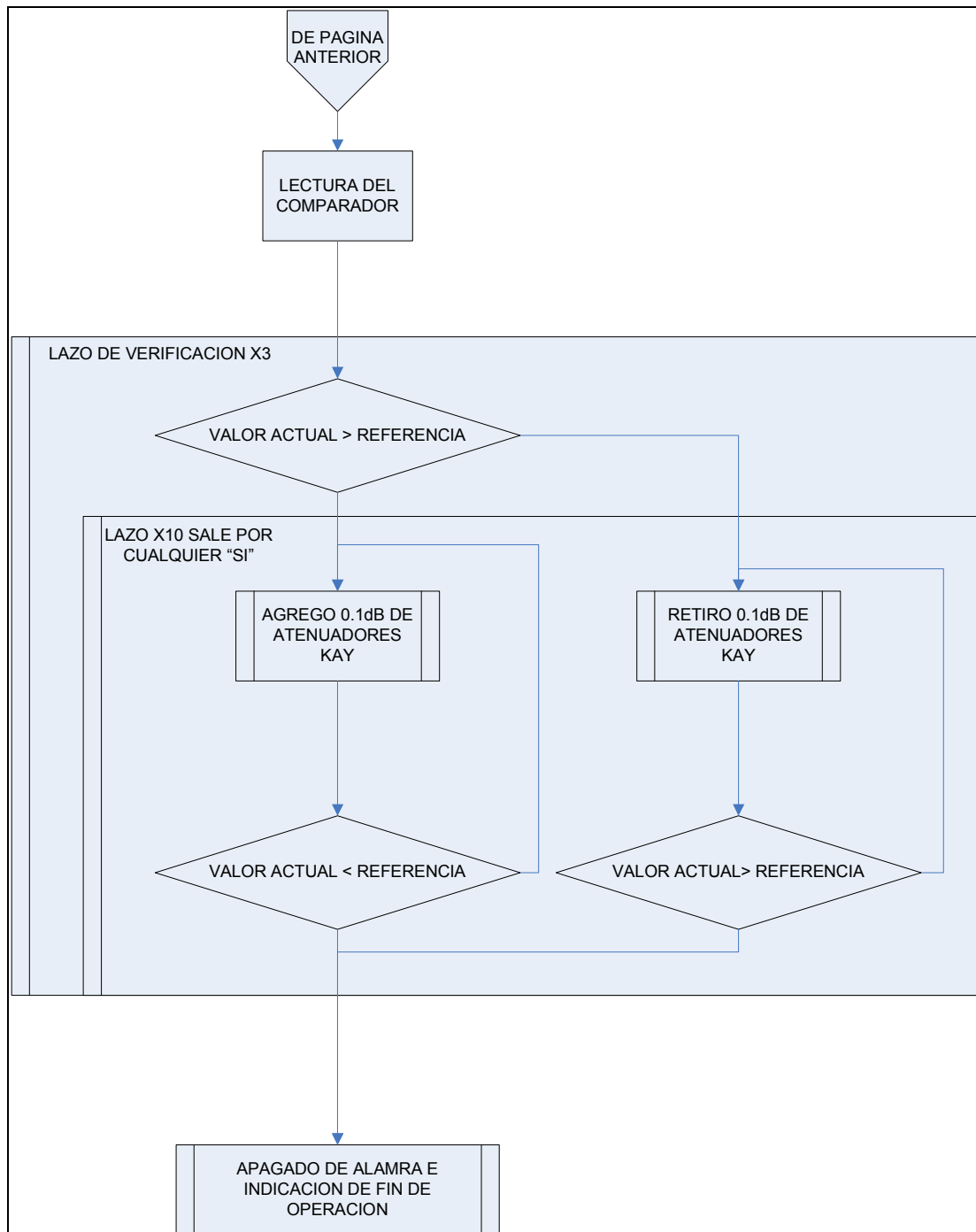


Figura 15 diagrama del código

10 Mediciones realizadas al prototipo

Una vez ensamblado el prototipo se procedió a realizar mediciones de ganancia, impedancia de entrada y salida, y verificación del firmware del uC y código VHDL del CPLD.

Para las medidas de impedancia se utilizó un voltímetro vectorial HP con el cual se verifica que las impedancias de entrada y de salida para la frecuencia de operación del instrumento mantiene los 50Ω ; la ganancia del sistema se midió utilizando un generador de radio frecuencia Marconi, con el cual se inyectó una señal de 30Mhz CW con una nivel de señal de -40dBm,

El atenuador se configuró para presentar una atenuación de 0dB y se midió la potencia a la salida del instrumento utilizando un medidor de potencia HP 411A; la ganancia que el sistema presentó es de 15dB.

Con estas medidas se verifica el funcionamiento del instrumento en lo que respecta a las pérdidas de inserción del instrumento.

Para verificar el funcionamiento del código se instaló el prototipo junto al BBM y se realizaron pruebas de ajuste automático utilizando el receptor de laboratorio de 1400Mhz.

Para el ajuste automático se verificó que el código realice el ajuste de nivel de forma correcta.

A continuación se muestra una imagen en la cual se puede apreciar en el eje Y la tensión de salida del BBM contra el tiempo, en los 11800seg se le da la instrucción para el ajuste automático, el cual deja la tensión centrada en 1.05V

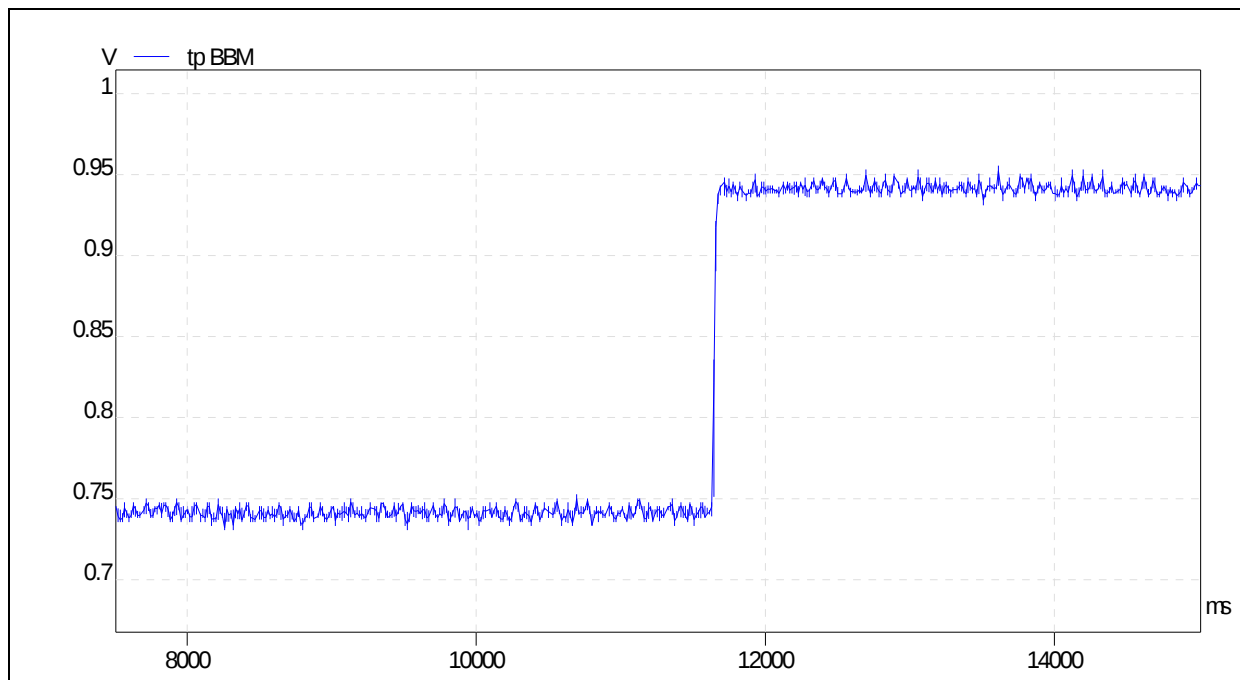


Figura 16 Medición del detector del BBM durante un ajuste de señal

En la siguiente imagen se observa la misma medición con más detalle, en ella se puede apreciar el tiempo que tarda (50mSeg aprox.) en realizar este ajuste, de aproximadamente 3 dB.



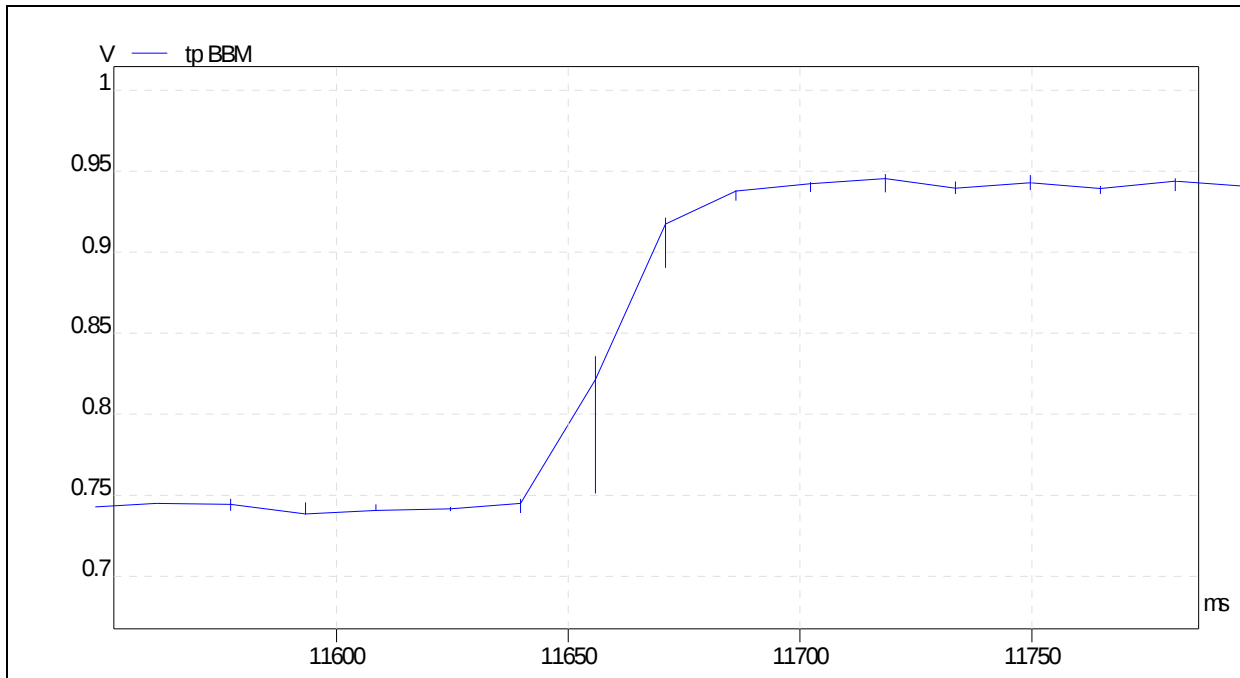


Figura 17 Detalle de la medición

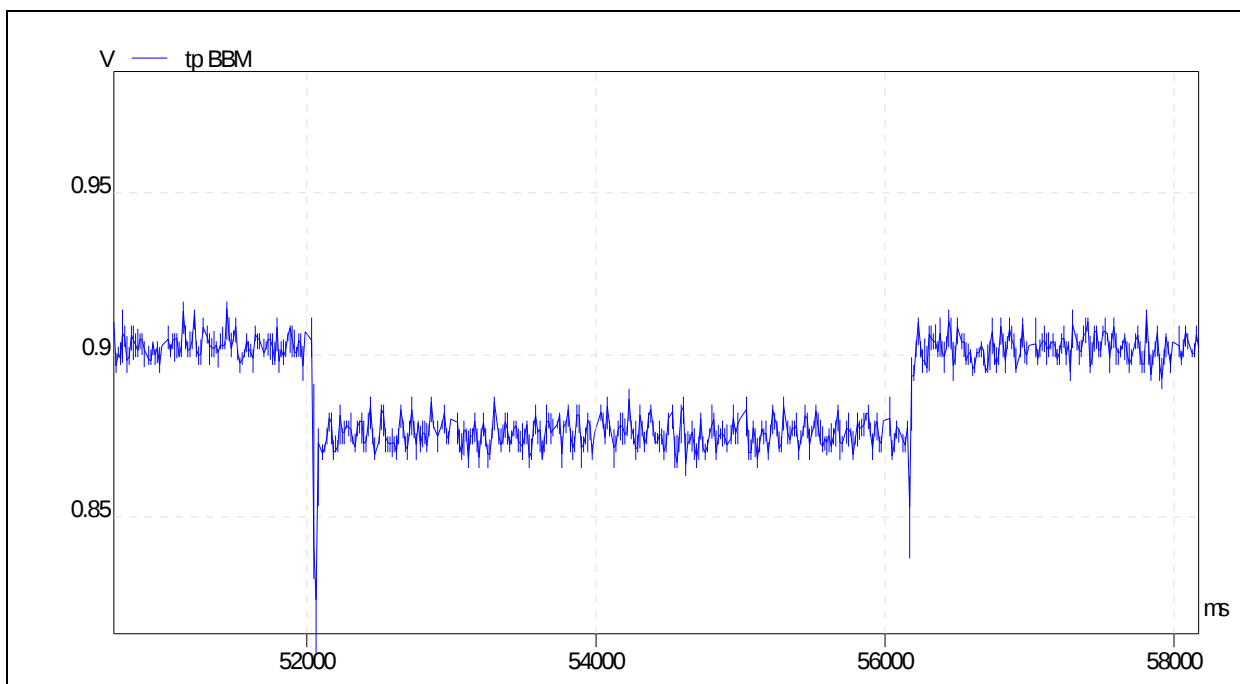


Figura 18 Medición del tiempo de respuesta

En la imagen anterior se observan dos ciclos de ajuste para un mismo nivel de señal, donde el CAG ubica los atenuadores en un paso más y luego un paso menos de atenuación, con respecto a la referencia interna del CAG,



Durante la operación del CAG se puede apreciar una diferencia en la velocidad de respuesta, esta velocidad dependerá de dos factores, uno dependerá del nivel de señal a la entrada del CAG ya que este cuando comienza el ciclo de calibración arranca siempre desde un mismo valor de atenuación por lo cual dependiendo de que tan lejos se encuentre el nivel de entrada de ese punto de operación dependerá el tiempo de ajuste. Y en segundo lugar dependerá del ruido rms del detector del B.B.M. el cual dependerá del ancho de banda seleccionado. Los datos mostrados anteriormente corresponden a un ajuste típico para un ancho de banda de 5Mhz con un nivel a la entrada de -25dB aproximadamente.

En base a las mediciones realizadas se puede comprobar que el primer prototipo funciona de la forma esperada, el siguiente paso es realizar una serie de observaciones con el radiotelescopio para asegurar el correcto funcionamiento de toda la cadena del sistema, las cuales se muestran a continuación.

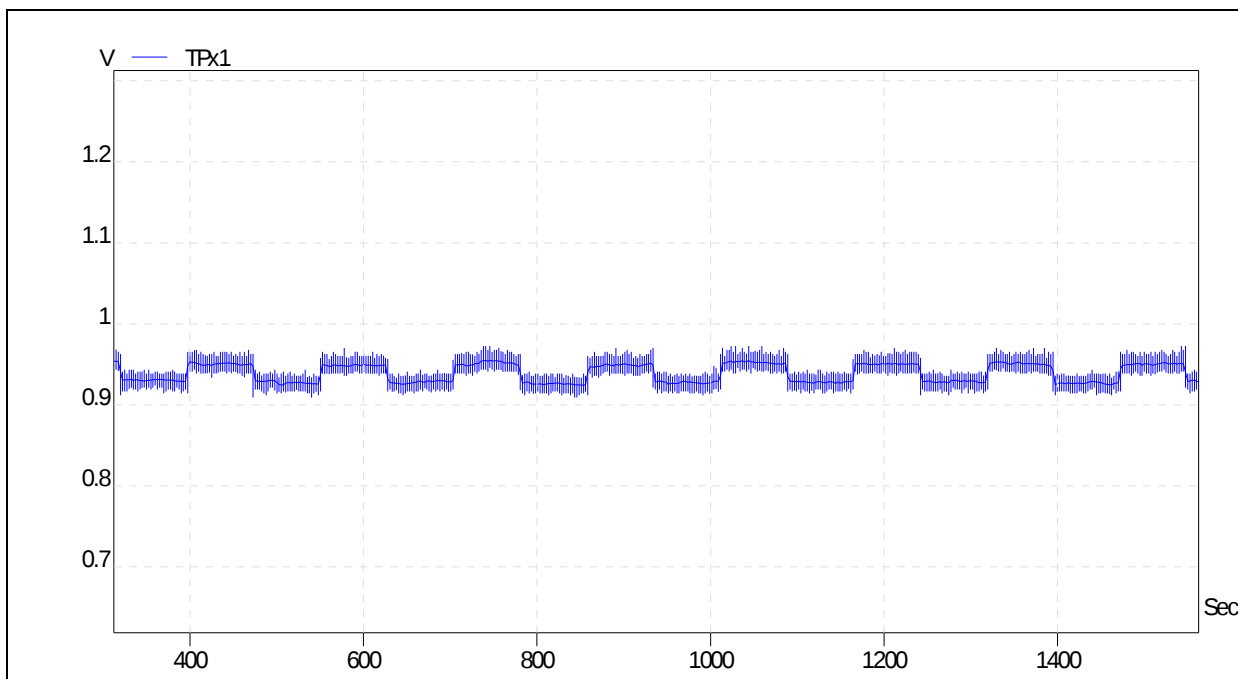


Figura 19 Observación realizada con el receptor de 1420Mhz



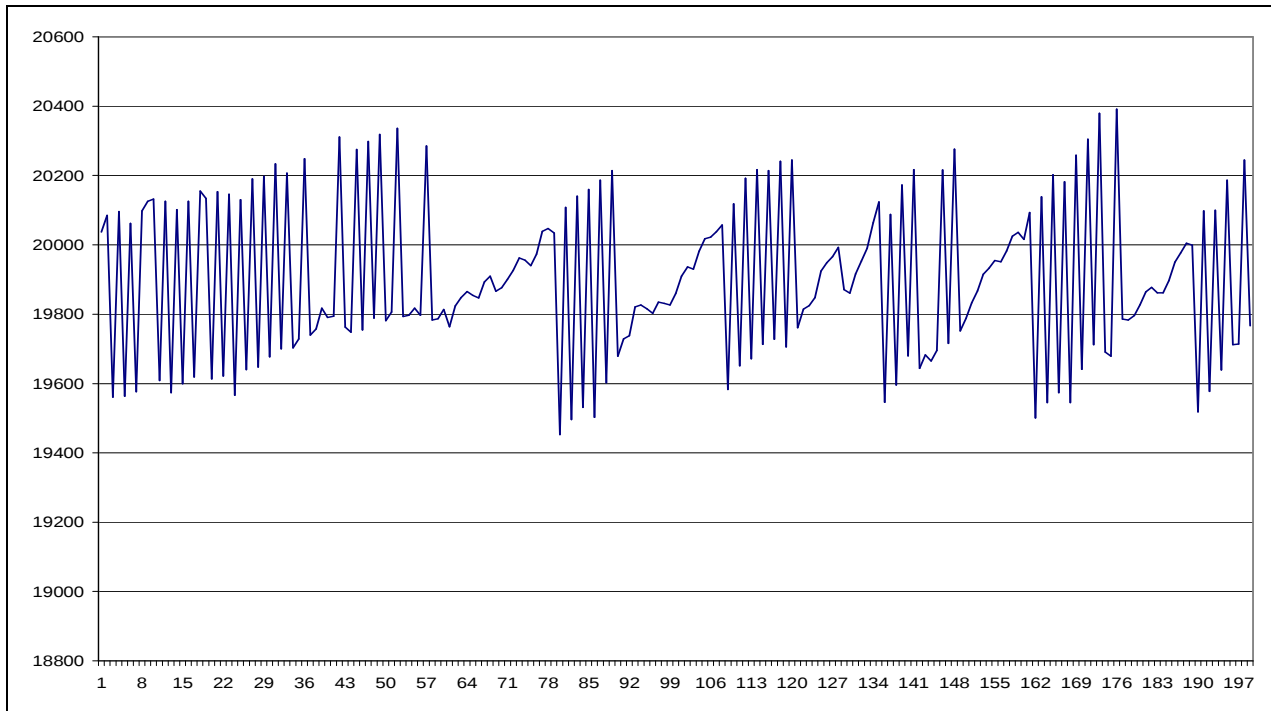


Figura 20 Imagen de potencia total a la salida de datos del autocorrelador de 1008 canales

En la imagen anterior se muestra el funcionamiento del CAG visto en potencia total desde el autocorrelador de 1008 canales, en la escala de cuentas a la derecha se ve que el ajuste se realiza dentro de las 600 cuentas, esto equivale a 0.1dB alrededor de la referencia interna, en los segmentos donde no se hace control se debe a que el sistema reconoce esa zona como incertidumbre y mantiene la señal en el mismo nivel anterior, cada punto corresponde a un minuto de integración luego de realizado el ajuste, es decir que en este grafico se ve el resultado del ajuste.

11 Diseño del modelo final

Se muestran a continuación los esquemáticos del diseño final junto al circuito impreso. Como mejoras con respecto al prototipo se modificaron los siguientes ítems:

- a) mayor cuidado en la tensión de referencia
- b) Plano de tierra sobre el circuito impreso
- c) Reemplazo de la fuente de alimentación switching por una lineal
- d) Mejoras en el código del uC para reconocimiento del umbral de la referencia



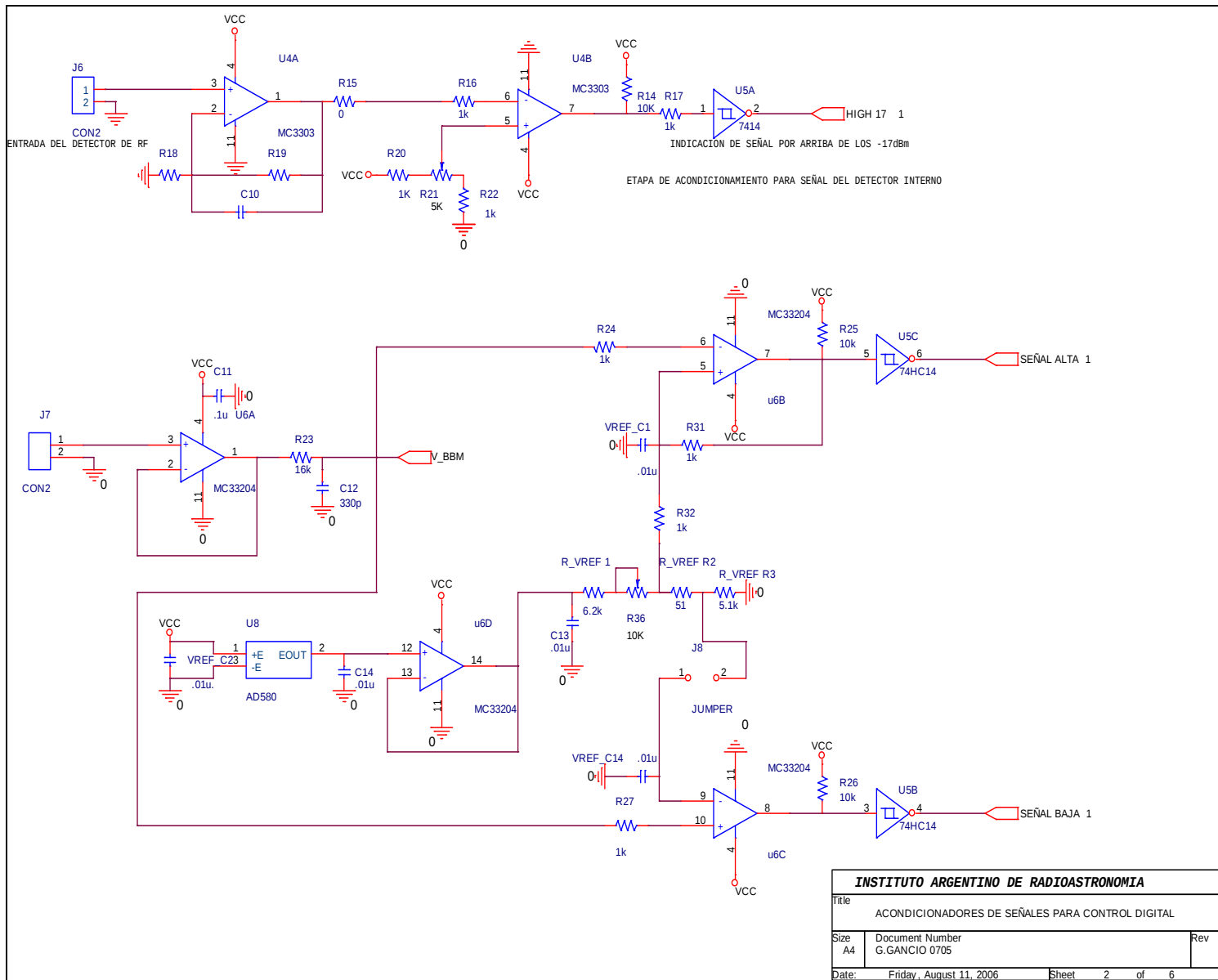


Figura 22 Esquemático de etapa analógica



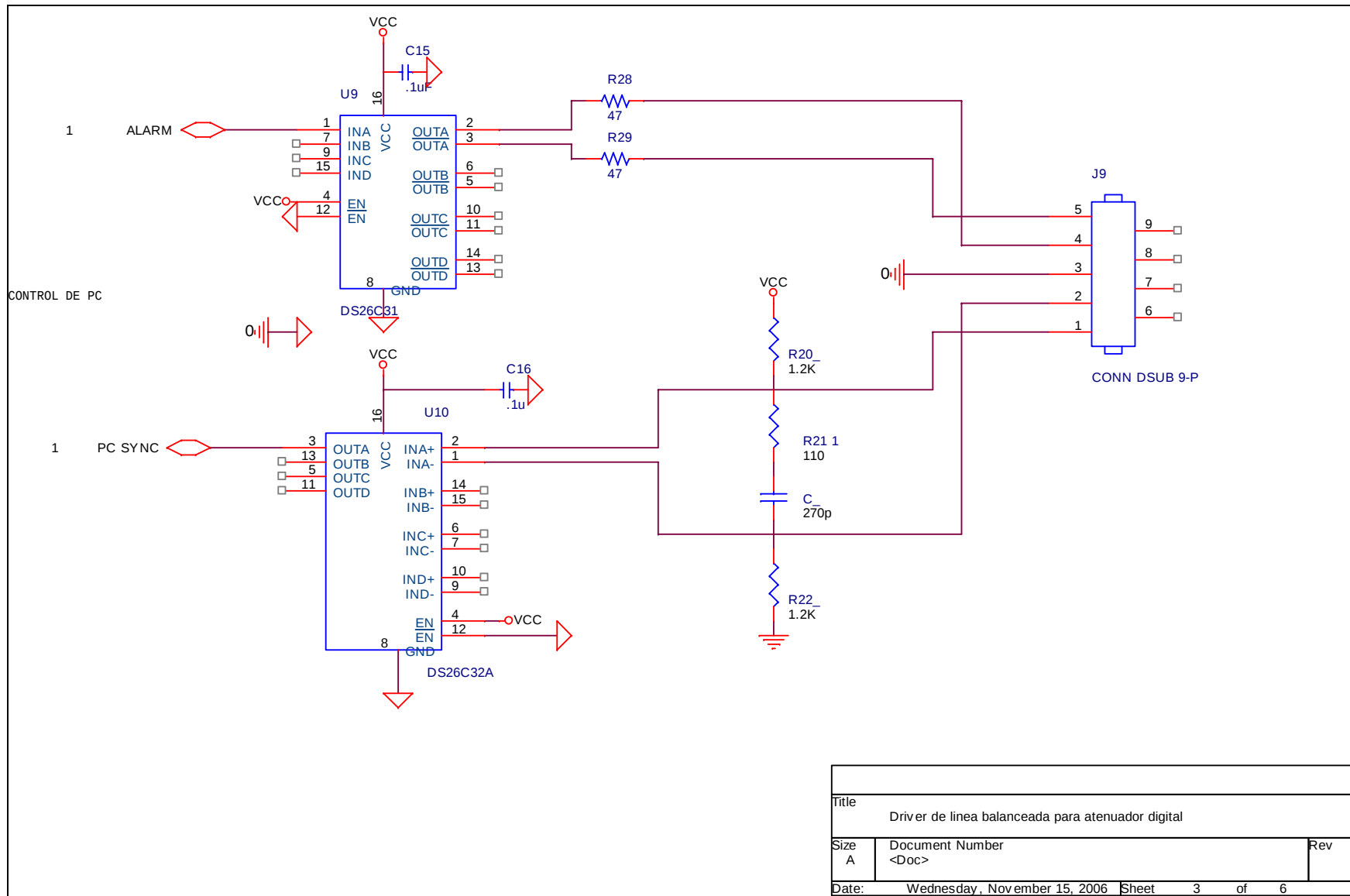


Figura 23 Esquema drivers de linea



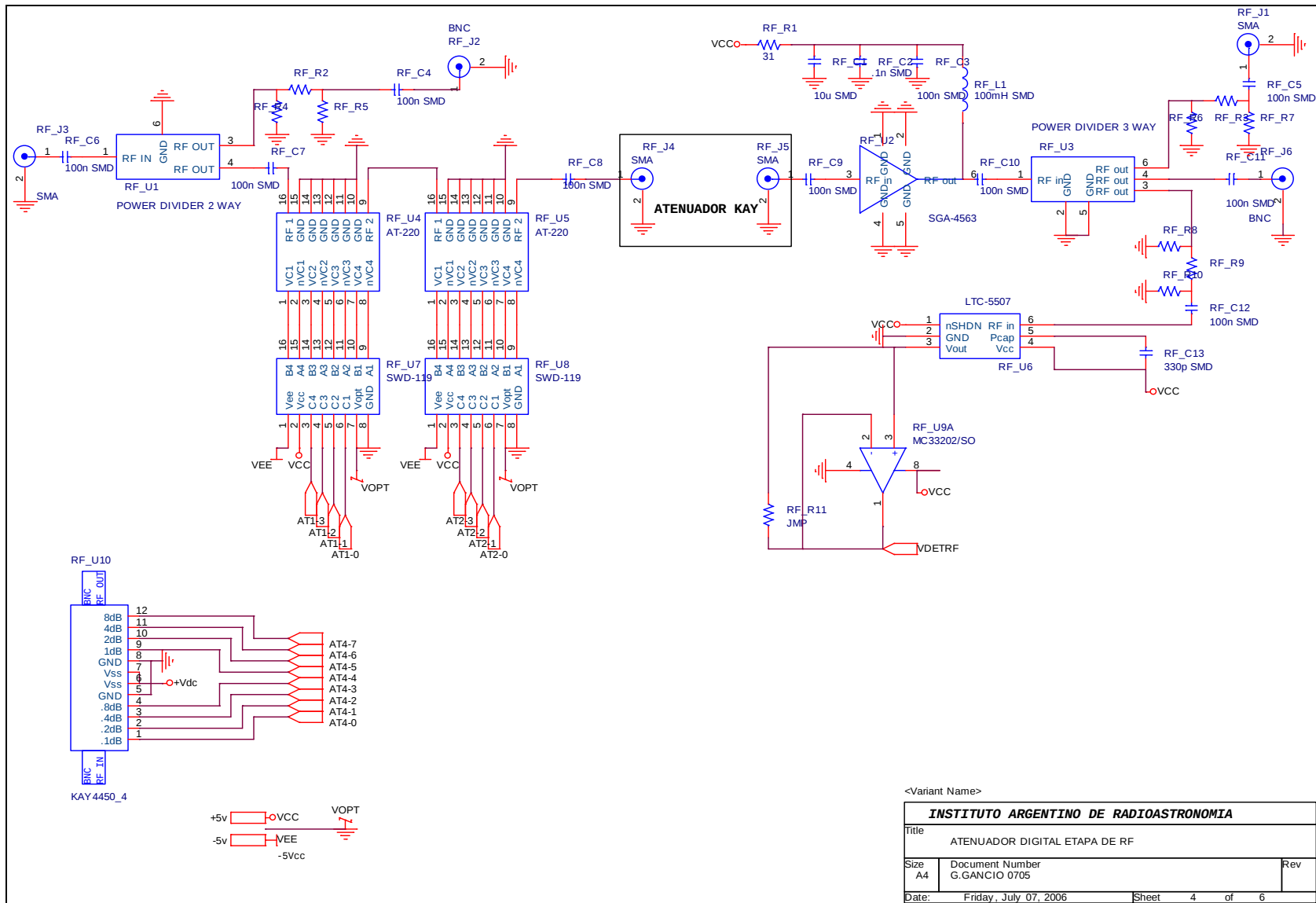


Figura 24 Esquemático de etapa de frecuencia



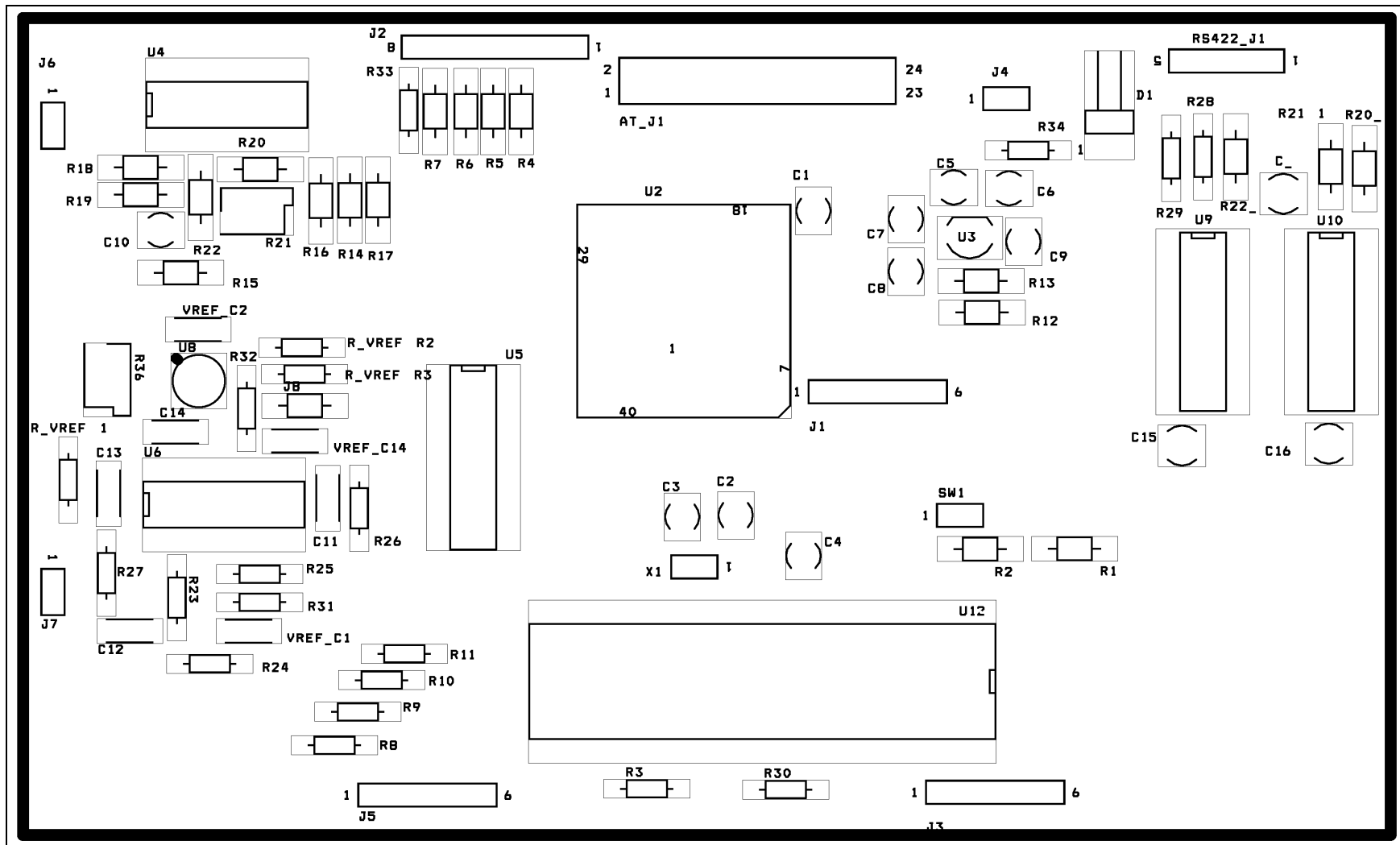


Figura 25 Mascara de componentes etapa digital



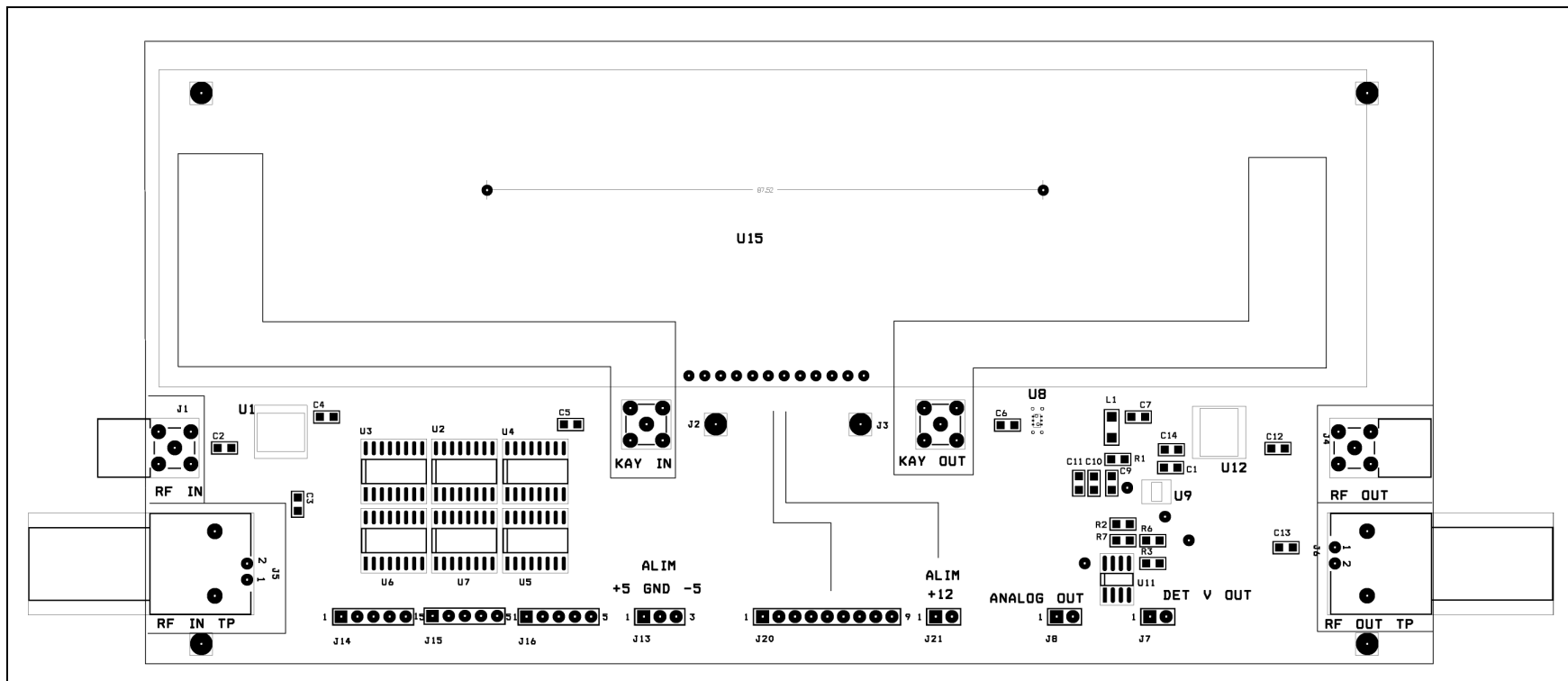


Figura 26 Mascara de componentes etapa de frecuencia



12 Gráficos

Figura 1 Diagrama actual.....	2-4
Figura 2 FILTRO DE 0.156Mhz	4-5
Figura 3 FILTRO DE 0.312Mhz	4-5
Figura 4 FILTRO 0.625Mhz	4-6
Figura 5 FILTRO 1.25Mhz	4-6
Figura 6 FILTRO 2.5Mhz	4-6
Figura 7 FILTRO DE 5Mhz	4-7
Figura 8 FILTRO DE 10Mhz	4-7
Figura 9 Diagrama propuesto	4-8
Figura 10 Frente del instrumento	8-11
Figura 11 Descripcion del frente.....	8-11
Figura 12 Descripcion posterior	8-11
Figura 13 Simulación del código VHDL	9-12
Figura 14 Diagrama del código	9-13
Figura 15 diagrama del código	9-14
Figura 16 Medición del detector del BBM durante un ajuste se señal	10-15
Figura 17 Detalle de la medición.....	10-16
Figura 18 Medición del tiempo de respuesta	10-16
Figura 19 Observación realizada con el receptor de 1420Mhz.....	10-17
Figura 20 Imagen de potencia total a la salida de datos del autocorrelador de 1008 canales	10-18
Figura 21 Esquemático etapa digital.....	11-19
Figura 22 Esquemático de etapa analógica.....	11-20
Figura 23 Esquema drivers de linea.....	11-21
Figura 24 Esquemático de etapa de frecuencia	11-22
Figura 25 Mascara de componentes etapa digital	11-23
Figura 26 Mascara de componentes etapa de frecuencia	11-24

