PROYECTO FINAL DE CARRERA

Actualización, adaptación y evolución del sistema de automedidas de receptores analógicos de TV.

(Update, adjustment and evolution of the automeasurement system for analogue TV tuners)

Estudios: Ingeniería Superior de Telecomunicaciones
Alumno: Raúl Domínguez González.
Ponente: D. Javier Rosell Ferrer.
Director: D. Daniel Solans Batlle.

Agosto 2016

Índice:

Colaboraciones……5

Resumen del proyecto……6

Abstract……7

1. Introducción……8

1.1. Estado actual del sistema de automedidas……9

1.2. Problemática del sistema actual……10

2. Objetivos……13

3. Introducción a los test de TV analógica……18

3.1. Conceptos básicos de la TV analógica……18

3.1.1. Conversión de imagen a señal eléctrica (concepto de línea de TV)..18

3.1.2. Número de líneas……19

3.1.3. Frecuencia de campo……20

3.1.4. Ancho de banda……20

3.1.5. Video compuesto……21

3.1.6. Codificación del color……22

3.1.7. Señal analógica (Modulación y frecuencia de video y audio)……23

3.1.8. Estándares de TV analógica……24

3.2. El receptor analógico (DUT)……25

3.2.1. Diagrama de bloques de un receptor analógico……27

3.3. Medidas de los parámetros de calidad de un receptor analógico……30

3.3.1. Señales de test……31

3.3.2. Parámetros de medida de un receptor analógico……33

4. Estructura HW del sistema de automedidas……39

4.1 Equipos y diagrama de conexión……39

4.2. Buses de comunicación……46

5. Estructura SW del sistema de automedidas……49

5.1. Introducción al LabView……49

5.2. Diagrama de bloques global del SW……51

6. Desarrollo de los nuevos objetivos para el sistema de automedidas……62

6.1. Desarrollo de la calibración del sistema……63

6.1.1. Autodetección del Analizador de espectros……64

6.1.2. Nuevas tablas de canales adaptables para todos los sistemas de TV analógica……68
6.1.3. Calibración del sistema……72
6.2 Desarrollo del control automático de la TV……79
6.2.1. Control de la TV mediante comandos SIRCS: control del RED RAT…80
6.2.2. Control de la TV mediante ECS Commands……85
6.3 Introducción del nuevo equipo para el análisis de video Tektronix VM700……88
6.3.1. Autodetección del VM700……89
6.3.2. Nuevos drivers para todas las medidas en VM700……91
6.3.3. Introducción de los nuevos drivers al sistema global……97
6.4 Desarrollo del nuevo report automático en formato Excel….98
7. Evaluación y testeo del sistema de automedidas……102
7.1. Introducción del sistema de automedidas en un proyecto real. Resultados obtenidos……102
7.2. Comparación con el sistema anterior……103
8. Conclusiones y mejoras……105
9. Bibliografía……107
Anexo A. Report de un test de Automedidas……108

Colaboraciones

Resumen del proyecto

El proyecto consiste en la elaboración de un programa en LabView para medir automáticamente sintonizadores analógicos de TV para la compañía Sony. El proyecto se elabora desde la empresa Idneo, con la colaboración de Sony (grupo de IF) y el soporte de UPC. Se parte de un programa que permite hacer medidas semi-automáticas con la idea de desarrollar los siguientes objetivos:

- Control remoto del TV para convertirlo en un sistema de medidas totalmente automático.
- Añadir un analizador de espectro al sistema de medida con la idea de calibrar las pérdidas del setup.
- Añadir tablas de canales propios para cada modulación analógica y a su vez introducir la modulación tipo M que no estaba incluida.
- Añadir la posibilidad de medir con diferentes analizadores de video para poder utilizar el programa en diferentes sites con los diferentes setups disponibles
- Añadir el report de medidas en formato Excel.

Una vez finalizado el nuevo sistema de automedidas es necesario la instalación de este en las instalaciones centrales del cliente mediante autoejecutable y el traspaso del código fuente para que el cliente pueda seguir manteniendo el código según sus nuevas necesidades.

A la finalización de este proyecto dicho programa de automedidas funciona de manera autónoma y precisa en las instalaciones de Sony Japón e Idneo Barcelona con todas las opciones deseadas. Así pues disponemos de una herramienta que nos permite un test completo del sintonizador analógico de una manera automática, repetitiva y calibrada que se utiliza actualmente para pasar los test analógicos de todas las TV que Sony saca al mercado.

Abstract.

The target of the Project is the development of an automeasurement system for test analog tuners for Sony Company in LabView environment. This project is developed in Idneo facilities with the collaboration of Sony (IF group) and the support of UPC. We depart of a semi-automatic program with the following targets:

- Remote TV control to transform the automeasurement system in a full automatic one.
- Add Spectrum analyzer in the measurement system in order to calibrate the losses due to the setup.
- Add the own frequency tables for each analog modulation. Also add the possibility of test the M analog modulation that is not included in current system.
- Add the possibility of measure with different video analyzer in order to use the SW in different sites with different available setups
- Add Excel format report for the test results.

Once the new automeasurement system is finished we need to install it in the Sony facilities. We need to generate an autoexecute program and also we need to pass to Sony the source code in order to keep it updated to their news necessities.

At the end of this project, the automeasurement system is working fully automatic and accurate in Sony facilities in Japan and Idneo in Barcelona with all the desires capabilities. So we have a tool that allows us a full test of the analog tuner in an automatic, repetitive and calibrated manner currently used to pass the test of all analog TV Sony in the market.

1. Introducción.

En los procesos de diseño, la reducción de costes es un factor clave dentro del entorno de la electrónica de consumo. Otro factor clave para ofrecer un buen diseño, es tener un sistema de evaluación de tu dispositivo bajo prueba (DUT) que sea fiable, preciso y ofrezca una gran repetitividad de tus ensayos durante la etapa de diseño. Para cumplir con estos dos puntos básicos es necesario poseer un sistema automático de medidas de tu DUT, con la finalidad de disminuir los costes de diseño y aumentar la calidad de las medidas.

El proyecto que mostramos a continuación es una actualización, adaptación y evolución de un sistema de automático de medidas para receptores analógicos de TV. Con este nuevo sistema pretendemos atacar los retos expuestos anteriormente, aumentando el apartado de la calidad de las medidas automáticas, así como reduciendo el tiempo de medida, reduciendo así también el coste de diseño.

Un receptor de TV es el dispositivo electrónico que permite pasar de señales de radiofrecuencia modulada a señales de video en banda base. En este proceso la señal de TV sufre unos procesos en los cuales se deben mantener unos parámetros de calidad de forma que afecte en la menor medida posible a la señal de video, de modo que esta se parezca lo máximo posible a la señal emitida.

Parecería que hoy en día no tiene mucho sentido perder el tiempo en un receptor analógico, puesto que la TV digital está ampliamente expandida en la mayoría de países, pero en la realidad podemos ver que no es así. Una gran parte del receptor analógico y digital es común y garantizando una buena recepción analógica podemos decir que tenemos la mayor parte de nuestro receptor analógico y digital bajo control. Después solo tendremos que asegurar que ambos demoduladores funcionen correctamente. Además el sistema analógico es mucho menos robusto a los procesos que sufre la señal cuando pasamos de RF a banda base, por tanto podremos depurar mucho mejor nuestro DUT mejorando la parte de recepción analógica, para después disponer de una gran robustez en los diferentes sistemas de TV actuales (analógico, DVB-T/T2 y DVB-C/C2).

1.1. Estado actual del sistema de automedidas.

Como bien se indica en el título del proyecto, este se trata de una actualización y evolución de un sistema ya en uso, por tanto es fundamental presentar el estado del sistema de medidas antes de empezar el proyecto para entender bien el desarrollo del proyecto actual.

El sistema de automedidas consta fundamentalmente de tres bloques: el bloque del PC dónde se ejecuta el programa y controla los instrumentos, el bloque de instrumentos dónde se genera la señal de entrada al DUT (receptor analógico de TV), y por último el bloque propio del dispositivo bajo prueba, donde se ve la respuesta del dispositivo a las señales generadas en el bloque de instrumentos. A continuación mostramos un esquema del estado del sistema de automedidas antes de la realización de este proyecto.

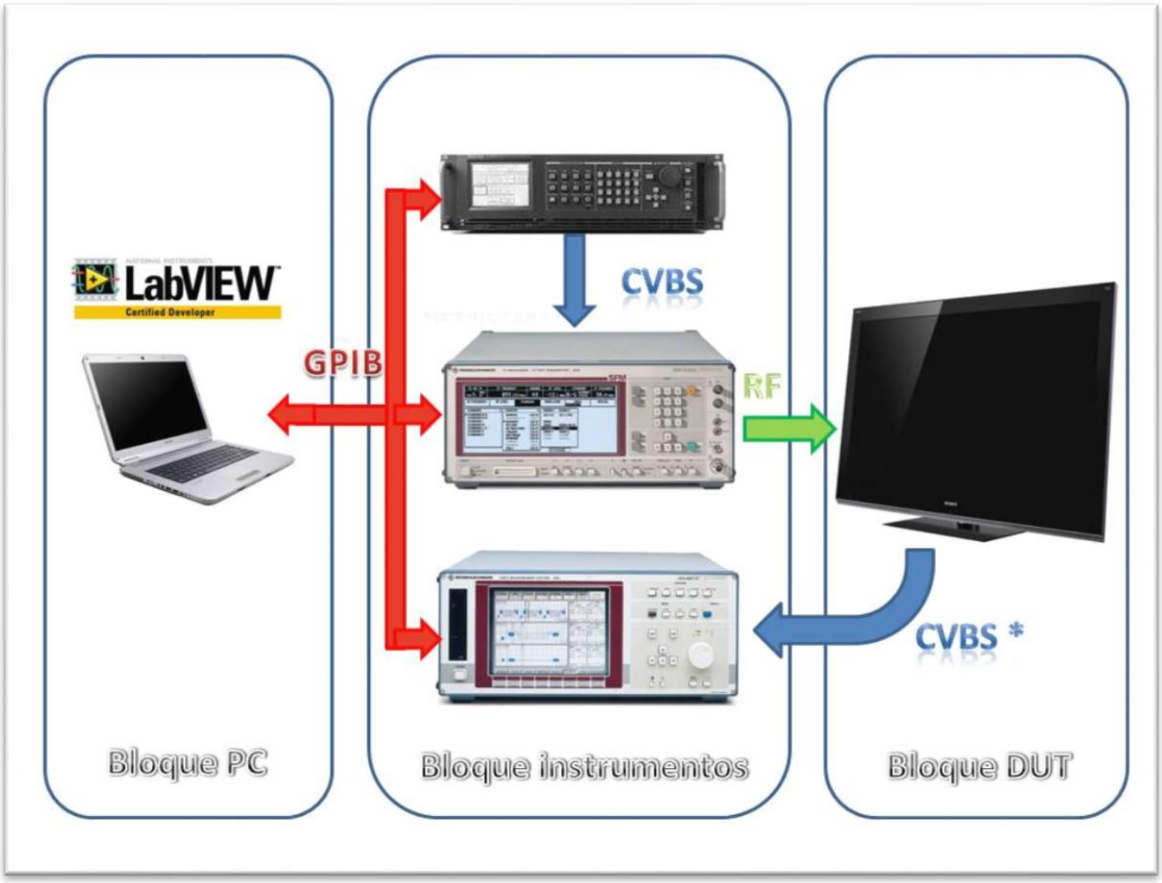


Figura 1.1: Bloques del sistema de automedidas antes de la realización del proyecto.

Como podemos ver, el bloque de PC es donde se ejecuta el programa de control de instrumentos y donde se almacenan las respuestas del DUT a los diferentes estímulos. Tanto el control de los instrumentos como el feedback de los resultados se realizan mediante la conexión del PC a un bus GPIB y todo ello controlado por un software que está desarrollado en entorno LabView de National Instruments. También es en este bloque donde se realizan los informes de los test que hemos llevado a cabo.

En el segundo bloque, bloque de Instrumentos, se reciben las peticiones de generación de las diferentes señales, se generan dichas señales y se recibe el feedback del DUT. Consta básicamente de un generador de video en banda base y un modulador de RF con los que generamos las señales de entrada y finalmente un analizador de video en banda base donde se analiza la respuesta del DUT a las señales que previamente hemos generado.

El tercer y último bloque es el dispositivo bajo test, que puede ser un receptor analógico standalone o puede ser una TV que incluya receptor analógico. En este bloque se recibe la señal en RF y se demodula a banda base, video compuesto, y es este video en banda base el que nos permite evaluar cuanto se parece la señal generada a la recibida con la ayuda del analizador de video del bloque anterior.

1.2. Problemática del sistema actual.

El sistema tal como lo hemos presentado en el apartado anterior es el que ha estado utilizándose en Sony BCN los últimos 9 años, pero como explicaremos a continuación es un sistema que puede y debe mejorarse.

El principal problema que presenta este sistema automático de medidas es que propiamente no es un sistema automático, sino semi-automático, como veremos a continuación. Así que aun ahorrándonos mucho tiempo respecto a un sistema manual no deja de requerir presencia de un ingeniero durante su ejecución con el consiguiente gasto de tiempo y dinero. Como hemos visto en el apartado anterior podemos generar video en banda base automáticamente y podemos pasarlo a RF automáticamente, pero en ningún momento podemos controlar el DUT

desde el PC automáticamente. Típicamente un test de un receptor analógico consta de medir diferentes parámetros a diferentes frecuencias de RF. En nuestro caso no podemos actuar directamente sobre el receptor desde el PC, esto implica que realizaremos todas las medidas pertinentes a una frecuencia automáticamente, pero para pasar a la siguiente frecuencia en el DUT o como se dice comúnmente, cambiar de canal, necesitamos siempre la presencia de una persona.

Otro problema que tiene el actual sistema es la falta de un analizador de espectros controlable desde el PC que nos permita calibrar la potencia de entrada a nuestro sistema para cada frecuencia. Con esto queremos decir que cuando controlamos el modulador de RF le indicamos una potencia de salida, pero en función de los adaptadores de impedancia que utilicemos y de los cables que utilicemos, la potencia real que llega al DUT varía en función del setup que estemos utilizando.

Otro problema que nos encontramos antes de realizar este proyecto es la falta de tablas de canales (frecuencias) para los distintos sistemas de modulación analógica. El software actual solo tiene la tabla de frecuencias que se utiliza en el sistema de modulación B/G y aunque nos permite modular dichas frecuencias en los diferentes sistemas de modulación europeos (B/G, L, D/K, I), no nos permite elegir frecuencias propias de dichos sistemas. Habitualmente en UHF todos los sistemas europeos suelen compartir frecuencias pero no así en la banda VHF, donde cada sistema de modulación suele tener sus frecuencias propias. A su vez, observamos que el sistema de automedidas actual no nos permite elegir la modulación tipo M ni sus frecuencias, aunque sí que está disponible en el modulador. Entendemos que puede ser un problema no disponer de ella si queremos evaluar un receptor para fuera del mercado europeo, y puesto que el Hardware lo permite, sería buena idea incorporarlo en nuestro software de medidas automáticas.

A parte de los problemas mencionados, los cuales nos exigen una actualización y evolución del sistema, también nos encontramos con el siguiente problema. Sony necesita poder adaptar este sistema de automedidas que se estaba utilizando en las instalaciones de BCN a sus

instalaciones de Japón, con lo cual hay que adaptar el sistema automático a los instrumentos disponibles en los laboratorios en los cuales se le va a dar uso.

La principal adaptación que hay que hacer sobre el sistema de medidas es la introducción del control de un nuevo analizador de video dentro del software de LabView, puesto que en las instalaciones de Japón no disponen de ningún modelo como el que se utiliza en las instalaciones de BCN, así que hay que adaptar el sistema a los equipos ya existentes en las nuevas instalaciones donde se va a utilizar nuestro sistema.

Otra adaptación o evolución muy útil será la generación de los informes en varios formatos. Actualmente solo nos permite mostrar los resultados en formato Word, pero aprovechando que en Japón tienen otro sistema con finalidad parecida, pero de desarrollo totalmente independiente al nuestro que muestra los resultados en entorno Excel, aprovecharemos para adaptar nuestro sistema a dicho entorno. La finalidad es poder comparar resultados en ambos sistemas y hacer más robusto el diseño de receptores de TV.

2. Objetivos.

Los objetivos de este proyecto son claros, solucionar toda la problemática del sistema anterior de medidas que hemos explicado en el punto anterior, así como la adaptación a su nuevo entorno de trabajo. Para ello nos marcamos los siguientes objetivos y el siguiente plan de trabajo.

El primer objetivo es lograr pasar de un sistema semi-automático a un sistema totalmente automático, con lo que debemos buscar la manera de poder controlar nuestro DUT remotamente desde nuestro software de medida. Llegados a este punto nos encontramos con dos alternativas que no son excluyentes, con lo que decidimos implementar ambas para que el usuario del software pueda elegir en cada momento como controlar el DUT en función del equipo disponible y el tipo de medida a realizar.

La primera opción se trata de controlar remotamente un generador de infrarrojos desde el PC. Se trata de simular un mando a distancia para poder sintonizar de manera automática y remota desde nuestro programa de automedidas el canal que queremos evaluar en cada momento. Tras un estudio de mercado y un estudio de otros sistemas autónomos de medida que posee Sony, nos decantamos por el modelo RedRat de la marca inglesa del mismo nombre, puesto que ya habíamos tenido ocasión de trabajar con ellos y evaluar en persona su RedRat3. Con este dispositivo podremos enviar comandos por infrarrojos remotamente desde un PC a través del puerto USB.

Figura 2.1: Fotografía del generador de I.R. RedRat.

La segunda opción se trata de sintonizar directamente un canal, accediendo a la memoria de la TV con la ayuda de comandos ECS (External control sequence). Los comandos ECS permiten a cualquier PC con conexión USB y con la interface de una placa TL-V de Sony, enviar comandos a la memoria de la TV para cambiar y gestionar diversos registros de la TV. Con esta solución se pretende tener previamente sintonizados todos los canales a medir en la TV e incluir los ECS commands en nuestro programa de automedidas para cambiar la frecuencia del canal a medir. Automáticamente cambiaríamos la memoria de la TV a dicho canal para que sea este el que aparezca sintonizado por pantalla y proseguir con el test.

Figura 2.2: Fotografía de la placa TL-V para el envío de ECS commands.

El segundo objetivo es la introducción de un analizador de espectro (S.A.) al sistema. Para elegir que S.A. vamos a utilizar debemos tener en cuenta dos parámetros fundamentales. El primero es que sea controlable por GPIB, puesto que nos será mucho más rápido crear los drivers e introducir el control remoto desde nuestro sistema de automedidas. El segundo parámetro a tener en cuenta es la disponibilidad, tanto en las instalaciones donde se va a utilizar el sistema de automedidas como en las instalaciones donde se va a llevar a cabo el proyecto, para no tener que hacer un nuevo desembolso en ninguno de los dos centros. Tras un estudio de los S.A. disponibles en ambos centros y que a su vez sean controlables por GPIB, nos decidimos por el Advantest R3261A. Nos hemos decidido por este modelo debido a la facilidad para crear los

drivers en LabView. Aun así, generaremos la introducción dentro de nuestro sistema de tal manera que sea fácil la futura introducción de diferentes S.A., tan solo con la generación de los drivers de estos para LabView.

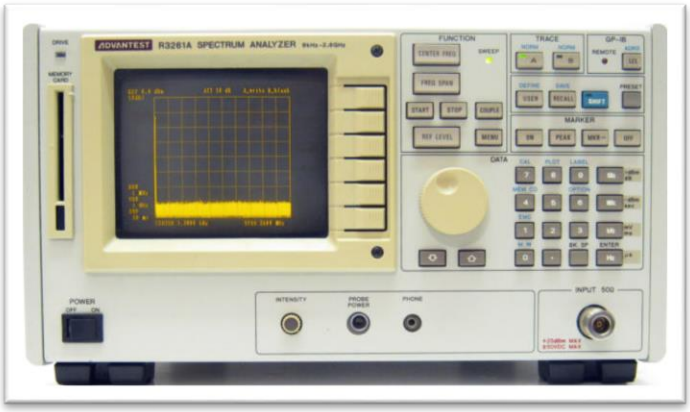


Figura 2.3: Fotografía del panel frontal del Advantest R3261A.

El tercer objetivo es disponer de una tabla de canales o frecuencias propias para cada uno de los sistemas de modulación analógicos que dispondrá nuestros sistema automático de medidas, así como la introducción del sistema M, que se añadirá a los ya disponible B/G, L, D/K, I. La idea es substituir el selector de frecuencias genérico que disponíamos en la versión actual del software de control, por un par de pantallas donde se nos permita elegir primero el sistema de modulación que queramos testear y en función de esta elección, nos aparezca en una siguiente pantalla la tabla propia de frecuencias de dicho sistema, donde elegir los canales que queremos testear.

El cuarto objetivo es la introducción de un nuevo Analizador de video al sistema, de manera que sea seleccionable utilizar el actual o el nuevo a la hora de realizar las medidas. Este nuevo Analizador de video no tenemos que hacer ningún estudio de mercado para su elección, puesto que se trata de que el sistema pueda funcionar con el Analizador de video disponible en el centro de Japón, un Tektronix VM700. A su vez el programa tiene que ser compatible para funcionar con el analizador de video disponible en el centro de Sony BCN y en las instalaciones de IDNEO (empresa en la que se desarrolla el proyecto) y que ya se encuentra actualmente en funcionamiento, un R&S VSA.

Figura 2.4: Fotografía del Tektronix VM700.

Figura 2.5: Fotografía del R&S VSA.

El quinto objetivo es introducir varias opciones de formato a la hora de generar el informe de las medidas. Actualmente las medidas se reportan en formato Word, pero aprovechando que en el nuevo centro donde se va a utilizar nuestro sistema de medidas utilizan el formato Excel, es buen momento para introducir esta opción en nuestro software. A más a mas, el formato Excel nos permite disponer de todos los datos que hemos medido y no solo de las gráficas que disponíamos en formato Word, como veremos más adelante cuando abordemos como hemos gestionado este objetivo dentro de nuestro proyecto.

Así pues observamos que tenemos 5 objetivos claros a desarrollar en nuestro proyecto de actualización del sistema de automedidas. Aprovechado que generamos un nuevo código de LabView, generaremos también un programa definitivo autoinstalable para poder trabajar en cualquier PC, sin la necesidad de utilizar LabView y el código fuente como se está utilizando actualmente.

Entonces, teniendo en cuenta todos los objetivos a desarrollar, así como teniendo en cuenta que una vez acabado nuestro software debemos introducirlo en el centro de Sony Japón, y que no tenemos total disponibilidad para gestionar este proyecto sino que lo tenemos que compaginar con el día a día de la empresa, obtenemos y acordamos con Sony el siguiente plan de trabajo:

Objetivo	ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	ago-12	sep-12	oct-12	nov-12	dic-12	2013
Introducción al actual sistema de automedidas													
Control TV por RED RAT													
Contol TV por ECS commands													
Nuevas tablas de canales													
Introducción sistema M													
Introducción analizador de espectros y drivers													
Calibración del sistema de automedidas													
Introducción del nuevo analizador de video													
Informes en formato excel													
Solución de bugs													
Generación Autoejectutable													
Soporte y adaptación en el site de Japón													

Figura 2.6: Schedule de las diferentes fases del proyecto.

Como vemos en el Schedule, durante el primer año se llevará a cabo todo lo que es el desarrollo del nuevo sistema de automedidas. A finales del primer año de desarrollo se introducirá el nuevo sistema en las instalaciones del cliente en Japón. En el segundo año se trata de encontrar bugs, posibles mejoras y cambios, de forma que nuestro software sea útil a los nuevos usuarios.

3. Introducción a los test de TV analógica.

Hasta ahora hemos explicado el sistema actual de automedidas y hemos planteado las mejoras y objetivos de nuestro proyecto. Creemos que antes de entrar propiamente en el desarrollo del proyecto en sí, es básico exponer unos conceptos fundamentales de funcionamiento de la TV, explicar el funcionamiento de nuestro DUT (receptor analógico) dentro de ésta, y exponer los diferentes test que vamos a llevar a cabo en nuestro DUT durante el periodo de diseño.

3.1. Conceptos básicos de la TV analógica.

A continuación expondremos diferentes conceptos básicos de la TV analógica, desde la creación de señal eléctrica a partir de la imagen hasta los sistemas de color, modulación o frecuencias, para acabar mostrando los diferentes estándares de TV analógica.

3.1.1. Conversión de imagen a señal eléctrica (concepto de línea de TV).

La conversión de una imagen a señal eléctrica se realiza mediante la adquisición de la luz recibida en cada punto de la imagen y su conversión al correspondiente valor de tensión. En principio la imagen original tiene 3 dimensiones más la dimensión temporal y el sonido. Para pasar de las tres dimensiones espaciales a dos, el dispositivo de captación realiza una proyección sobre un elemento llamado “tarjeta” o mosaico. En cuanto a la dimensión temporal, lo que se hace es discretizar, tomando proyecciones instantáneas en determinados momentos.

Esto se realiza por medio de barridos. Los barridos hacen que la luz que se recibe de la escena actúe simultáneamente sobre todas las partículas de la tarjeta, haciendo que adquieran una carga eléctrica dependiendo de la cantidad de luz recibida y la entreguen a la salida como una sucesión de tensiones que compondrá la señal de televisión. Mediante el barrido se leen las partículas (elementos de imagen, píxeles) de la tarjeta de izquierda a derecha y de arriba abajo, cada vez que se explora en un punto hace que este entregue su carga a la salida. El haz explora todos los puntos de una línea horizontal y cuando acaba, vuelve rápidamente al

comienzo de la línea siguiente, un poco por debajo de la anterior. El haz explorador, cuando llega al final de la última línea, inicia el retroceso en vertical para volver de nuevo al principio de la primera línea de la siguiente imagen.

Al principio del barrido de cada línea se le añade una señal con la forma de diente de sierra conocida como señal de sincronismo. Esta señal de sincronismo tiene la función indicar al reproductor cuando tiene que empezar un nuevo barrido de línea para recomponer la señal inicial.

Así pues ya conocemos el concepto de línea de TV que no es más que un pulso de sincronismo y las tensiones de cada punto en función de la luz emitida. El aspecto de una línea de TV y sus principales características se pueden apreciar en la siguiente imagen.

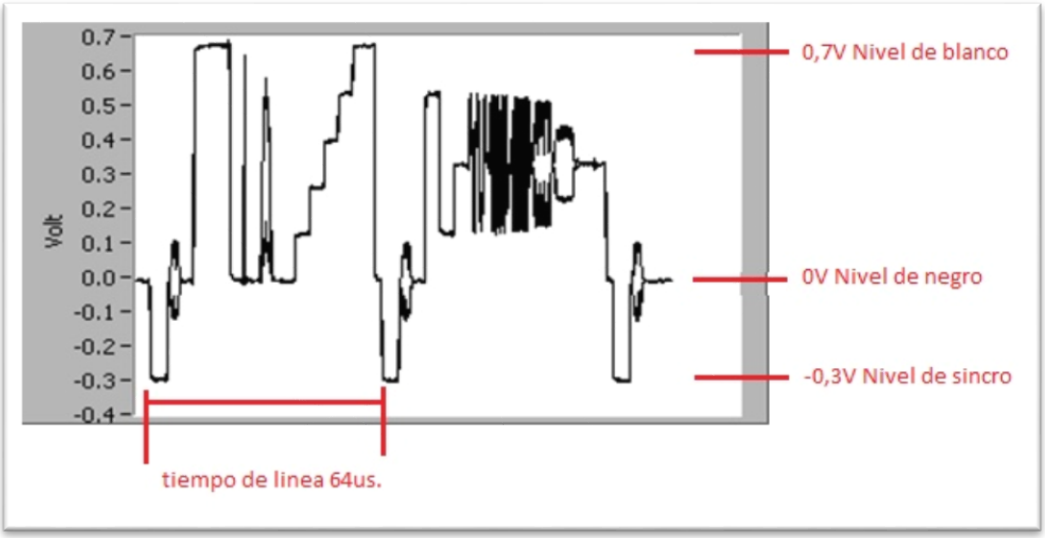


Figura 3.1: Aspecto eléctrico de una línea de TV con sus principales características.

3.1.2. Número de líneas.

El número de líneas para observar una imagen sin discernir discontinuidades verticales se puede calcular a partir del ángulo mínimo (1') bajo el cual el ojo es capaz de diferenciar dos líneas consecutivas. Teóricamente este valor es de 600 líneas pero históricamente ha oscilado entre las 405 líneas en el reino unido para tv en blanco y negro y las 819 de Francia. Actualmente, exceptuando la HDTV, se utiliza dos estándares básicos de 525 líneas o 625 líneas. Se utilizan 525 líneas en países donde la frecuencia de red es de 60Hz (EEUU y Japón entre otros) y 625 en Europa.

En el sistema de televisión europeo hay 625 líneas, pero solo 575 son de imagen, el resto se dedican al tiempo que tarda el haz de barridos en retornar verticalmente para mostrar la siguiente imagen, también denominado tiempo de borrado vertical, en este tiempo de borrado la pantalla está oscura. En los últimos tiempos estas líneas, a parte de su función principal ya descrita también se han aprovechado para insertar señales de test, teletexto, etc.

3.1.3. Frecuencia de campo.

La frecuencia con la que mostramos las diferentes imágenes debe ser lo suficientemente rápida como para evitar ver parpadeos. Esta frecuencia se determina en 12 imágenes/s para ver continuidad y se llega a la conclusión que son necesarias 50 imágenes/s para observar movimiento con calidad. Si tenemos en cuenta el número de líneas y la frecuencia de imagen necesaria para evitar observar estos parpadeos, nos encontramos con un elevado ancho de banda de canal.

La solución es el barrido entrelazado, que consiste en dividir la imagen en líneas pares e impares y realizar primeramente un barrido solamente del campo par y posteriormente del campo impar. Con esto se consigue que la frecuencia de campo sea 50 campos / s, de este modo se evita el parpadeo. Además con solo 25 imágenes/s la banda de frecuencia necesaria se reduce a la mitad.

3.1.4. Ancho de banda.

El ancho de banda de la señal de televisión en banda base va desde la componente continua hasta la frecuencia máxima, que queda determinada por los detalles más finos que contiene la señal en dirección horizontal. Vamos a calcular el ancho de banda. Si se supone que la resolución en vertical y horizontal son iguales, píxeles cuadrados, así:

Nº de columnas = a·N·af
Donde:
a: relación de aspecto.
af: relación entre el número de líneas activas y el total.
N: número total de líneas.

Además si añadimos el factor de Kell, el cual nos permite tener una igual definición subjetiva tanto en horizontal como en vertical.
k = 0.7
Se tiene que:

Número de Columnask = k · Nº de Columnas.

La máxima frecuencia corresponde a tener en una línea alternancia de blancos y negros. El periodo de esta señal es:

$$T = \frac{2 * Periodo_{linea}}{N * k * a * a_f} \frac{52}{64}$$

El periodo de línea lo podemos calcular como:

$$Periodo\ de\ linea = \frac{Periodo_{imagen}}{N}$$

Con ello la frecuencia de la señal es:

$$f = \frac{N^2 k a a_f}{2 \frac{52}{64} Periodo_{imagen}}$$

Si N = 625, K = 0,7, a = 4/3, af=575/625, y el periodo de imagen = 40ms, entonces el ancho de banda será aproximadamente f ≈ 5.16MHz. En la práctica, en sistemas analógicos la señal se filtra con un ancho de banda de 5MHz.

3.1.5. Video Compuesto.

Ya se ha visto que la exploración de la imagen se realiza mediante líneas que son transmitidas unas a continuación de otras, en serie, esta es la señal de video. También hemos visto que es necesario añadir una señal de sincronismo al principio de cada línea para indicar al receptor cuando debe empezar a reproducir cada línea. Al tiempo el receptor también tiene que saber qué nivel de tensión debe tomar como referencia para a partir de este mostrar la señal con mayor o menor brillo, esta señal o nivel se denomina señal o nivel de blanking.

Así pues la señal de video compuesto, es la suma de la señal de video, la señal de sincronismo y la señal de blanking y se conoce como CVBS (Color, Video, blanking and Sync.).

3.1.6. Codificación del color.

En este apartado trataremos la transmisión del color y su codificación que como veremos va a ser un parámetro diferenciador entre los diferentes sistemas de TV. En analógico hay tres sistemas de codificación del color PAL, SECAM y NTSC.

Teniendo en cuenta la constitución del ojo para captar el color, cualquier color se puede reproducir mediante mezcla de los tres colores básicos, rojo, verde y azul (R, G, B). Si se transmite cada una de estas componentes modulando al igual que se hace con la señal monocromática (que se denomina señal de luminancia= Y), el ancho de banda de un cierto canal se incrementa en 3 veces. La solución pasa por la fórmula de descodificar el color del ojo humano:

$$Y = 0{,}299R + 0{,}587G + 0{,}114B$$

Así pues no será necesario enviar toda la información, tan solo enviando la señal Y (para mantener la compatibilidad con la TV monocromo) y las señales (R-Y) y (B-Y) que son más insensibles al ruido, podemos recomponer todas las señales del color.

La manera de enviar las señales diferencia de color (R-Y) y (G-Y) es la que nos diferencia los 3 sistemas de codificación del color que hemos presentado anteriormente. En sistema SECAM se modula en FM y en cada línea se envía la señal (R-Y) o (G-Y) simultáneamente. En los sistemas PAL y NTSC se modula en QAM ambas señales. En los sistemas NTSC y PAL las señales (R-Y) y (B-Y) se envían en cada línea, la diferencia entre ellos es que en PAL la señal (R-Y) altera su fase en cada línea, es decir se envía la señal (R-Y) en la línea n y la señal –(R-Y) en la línea n+1, con esto se consigue trasladar los errores de fase (tinte) de crominancia a errores de amplitud (saturación). En cambio en el sistema NTSC siempre se envía las señales (R-Y) y (B-Y) para cada línea y los errores de fase se convierten en errores de tinte.

La subportadora de color en el estándar PAL/SECAM es de 4.43 MHz y en el estándar NTSC es de 3.58 MHz.

3.1.7. Señal analógica (Modulación y frecuencia de video y audio).

Como hemos visto hasta ahora, el video ocupa un ancho de banda limitado a 5 MHz. Para su transporte utilizaremos modulación en BLV (Banda lateral vestigial). La mayoría de sistemas utilizan modulación de amplitud negativa para proteger los pulsos de sincronismo y por su mayor facilidad de demodulación, pero también hay algún sistema que utiliza modulación positiva. Las diferencias entre ambas se pueden observar en la siguiente imagen:

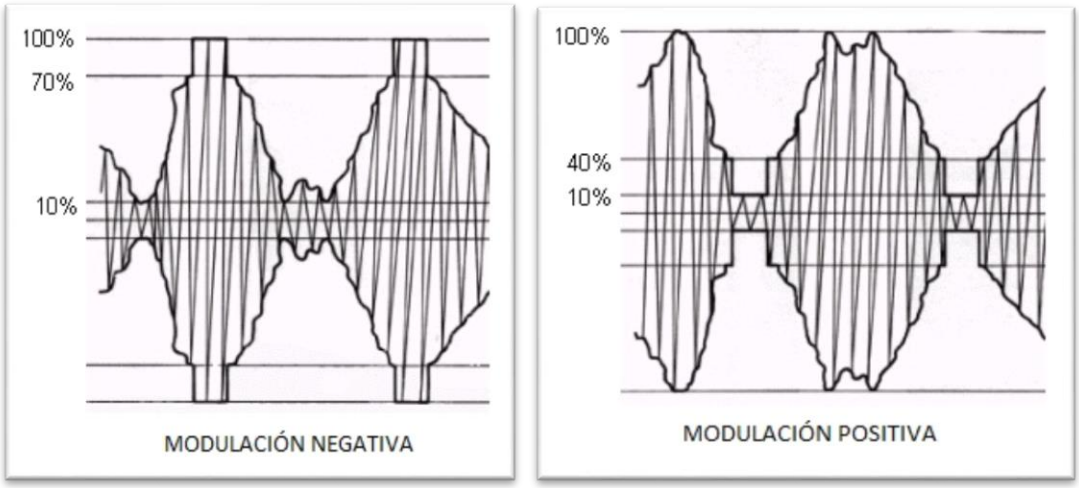


Figura 3.2: Aspecto de una modulación negativa y una modulación positiva de una señal de TV analógica.

El audio lo debemos transportar por encima de los 5MHz que ocupa el video. En caso de audio mono se suele modular en FM, aunque algún sistema utiliza AM, y se suele transportar con una segunda portadora de RF entre 5,5MHz y 6,5MHz dependiendo del sistema. Para la transmisión en estéreo se utiliza el sistema Zweiton (FM) o NICAM (digital QPSK).

Así pues podemos generar la siguiente imagen donde se muestra como se compone un canal de TV analógico genérico.

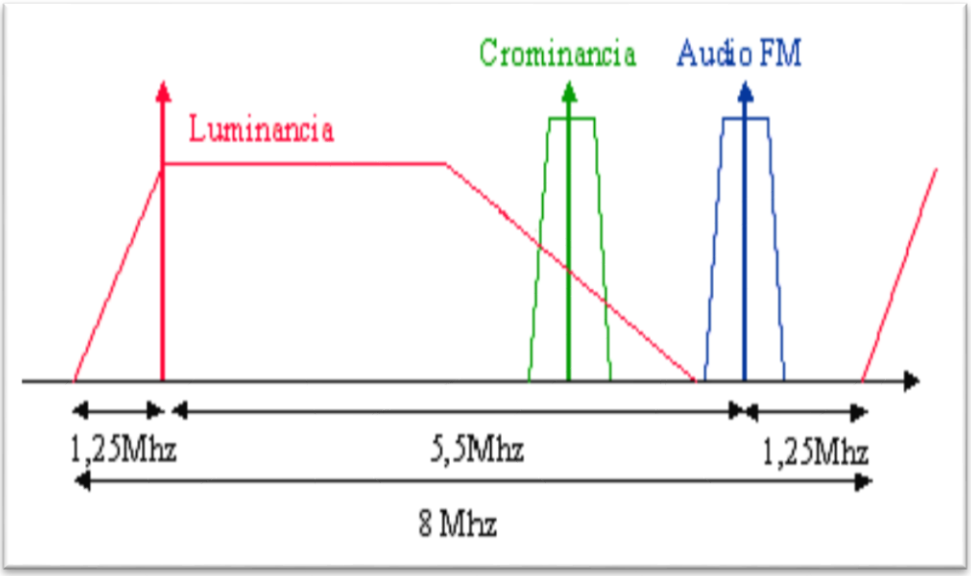


Figura 3.3: Espectro de un canal de TV analógica.

3.1.8. Estándares de TV analógica.

Hay dos estándares básicos para la transmisión de TV analógica, las características de los cuales podemos ver en la siguiente tabla.

	Estándar FCC	**Estándar CCIR**
Número de líneas	525	625
Campos/segundo	60	50
Sistema de color	NTSC	PAL/SECAM
Video BW	4,2 MHz	5 / 5,5 / 6 MHz
Sub-portadora color	3,58 MHz	4,43 MHz

Dentro de cada uno de estos dos estándares básicos es donde encontramos los diferentes estándares de TV para cada país. A continuación exponemos un cuadro con las características de los que va a ser capaz de gestionar nuestro sistema de automedidas, resaltando en diferente color sus principales características diferenciadoras.

	B/G	**I**	**D/K**	**L**	**M**
Sistema de color	PAL	PAL	PAL	SECAM	NTSC
Número de líneas	625	625	625	625	525
Campos/segundo	50	50	50	50	60
Modulacion video	C3F NEGATIVA	C3F NEGATIVA	C3F NEGATIVA	C3F POSITIVA	C3F NEGATIVA
Modulacion audio	FM	FM	FM	AM	FM
Portadora video	1,25 MHz	1,25MHz	1,25MHz	1,25MHz	1,25 MHz
Portadora audio	5,5 MHZ	6 MHZ	6,5 MHZ	6,5 MHZ	4,5 MHZ
Frecuencias de trabajo	VHF, UHF	VHF, UHF	VHF, UHF	VHF,UHF	VHF, UHF

Figura 3.4: Principales características de los sistemas de TV analógica.

3.2. El receptor analógico (DUT).

A continuación explicaremos que es un sintonizador de TV, primero observando a grandes rasgos cuál es su función dentro de la TV y su diagrama de bloques, y posteriormente desglosando la función de cada bloque.

Un receptor o sintonizador es la parte de la TV que se encarga de recibir la señal modulada en RF, que viaja bien por aire o por cable, y la transforma nuevamente en video y audio en banda base.

Actualmente hay varias soluciones posibles para pasar de RF a banda base y cada fabricante escoge la que mejor se ajusta a sus necesidades, algunas de estas soluciones son:
NIM (Network Interface Module) o también llamada Frontend. Consiste en un solo dispositivo que en el interior tiene tanto la parte del tuner o sintonizador, como los diferentes demoduladores. Recibe RF y directamente tenemos CVBS en la salida.

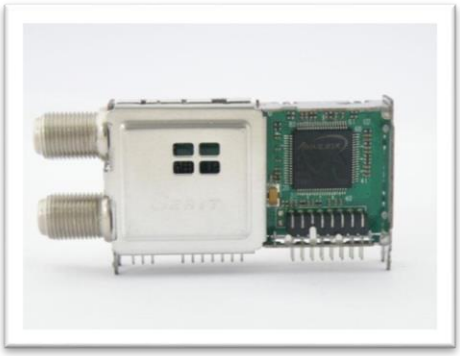


Figura 3.5: Fotografía de un sintonizador de TV con tuner y demodulador integrados.

Half-NIM: Consiste en un dispositivo que en el interior tiene tan solo un tuner, por tanto solo pasa de RF a IF, integrando posteriormente los demoduladores en la PCB de la TV para acabar obteniendo la señal CVBS.

Figura 3.6: Fotografía de un sintonizador de TV que solo incluye el tuner integrado y demodulador on-board.

También existen soluciones híbridas, donde encontramos modelos que tienen un dispositivo con tuner y demodulador analógico, pero la resta de demoduladores digitales en la PCB.

Y por último tenemos lo que actualmente se llama tuner-on-board, que consiste en insertar tanto la parte de tuner como los demoduladores en la PCB.

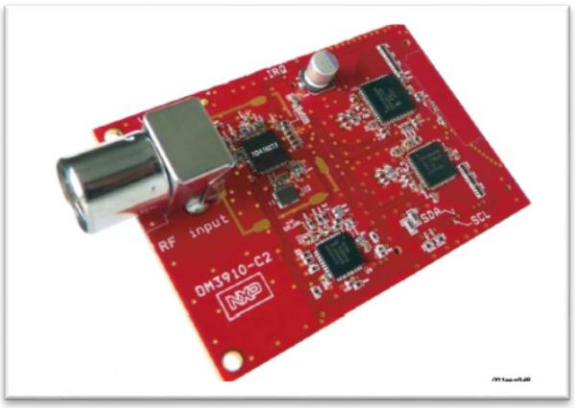


Figura 3.7: Fotografía de un tuner-on-board con todos los componentes en la PCB.

En nuestro proyecto, evaluamos un receptor analógico de TV, así que nos encargamos tanto de la parte del tuner que pasa de RF a IF como del propio demodulador analógico. Por tanto hay que tener claro que la única parte que no evalúa nuestro proyecto son los demoduladores digitales, pero que estos comparten toda la parte de tuner con el demodulador analógico. Además hay que tener en cuenta que nuestro proyecto puede evaluar cualquier tipo de receptor analógico de los expuestos anteriormente, tanto si está montado en TV como si se trata de un test del dispositivo standalone.

3.2.1. Diagrama de bloques de un receptor analógico.

Un receptor analógico, se divide en dos grandes bloques, el tuner y el demodulador. El tuner es el encargado de pasar la señal de RF a IF, que en la mayoría de receptores y sistemas suele ser 38,9MHz. El demodulador trabaja siempre a una frecuencia fija de IF y se encarga de recibir esta señal de 38,9MHz y entregar tanto el video compuesto (CVBS) como el audio. Algunos demoduladores ya son capaces de entregar también el audio en banda base, los más simples entregan audio en lo que se llama segunda IF de 5,5MHz, para posteriormente pasar por un amplificador y demodulador de audio que finalmente entrega la señal sonora en banda base. A continuación mostramos un diagrama de bloques básico de un receptor analógico.

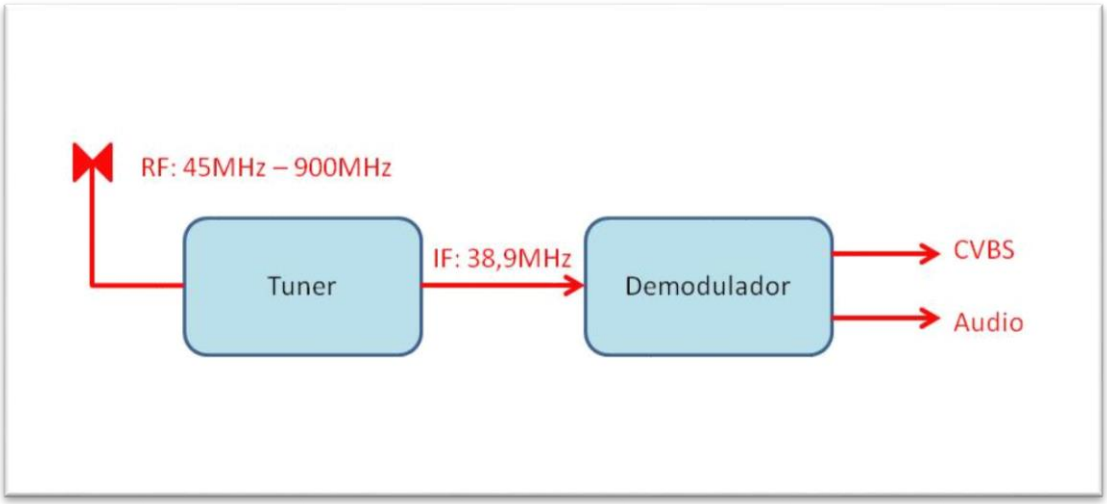


Figura 3.8: Bloques de un sintonizador analógico.

El primer gran bloque de estudio del receptor analógico es el sintonizador. El tuner es el encargado de sintonizar el canal deseado y llevarlo a la frecuencia intermedia (IF). Se hace este primer paso para poder usar en el demodulador un filtro paso banda con una frecuencia central fija, que se ajusta mejor al ancho de banda del canal. De esta manera se puede hacer un demodulador único que sirva para todos los canales. El inconveniente de este paso es que puede aparecer una frecuencia imagen que depende del valor de la IF. Cuánto más alta sea, más fácil será el filtrado de la imagen. Como contrapartida, el límite superior de la IF viene asignado por el primer canal que se pretenda seleccionar. En el caso de la televisión analógica es de 38,9 MHz para la mayoría de tuners y sistemas.

Por estos motivos, el primer elemento básico que aparece en el tuner es un filtro paso banda seguido de un amplificador de ganancia variable que se controla por el lazo realimentado AGC (*Automatic Gain Control* o Control Automático de Ganancia). Éste es necesario porque es importante mantener un nivel constante de la señal recibida. Además, según la fórmula de Friss, se ha de procurar aumentar en la medida de lo posible la ganancia del primer amplificador de la cadena de recepción. Los siguientes elementos son el mezclador y el oscilador local. Para sintonizar un canal, solo es necesario que el oscilador local funcione a la frecuencia tal que mezclada con la frecuencia deseada se obtenga la frecuencia fija IF.

$$RF = IF \pm OL.$$

A continuación mostramos el diagrama de bloques de un tuner.

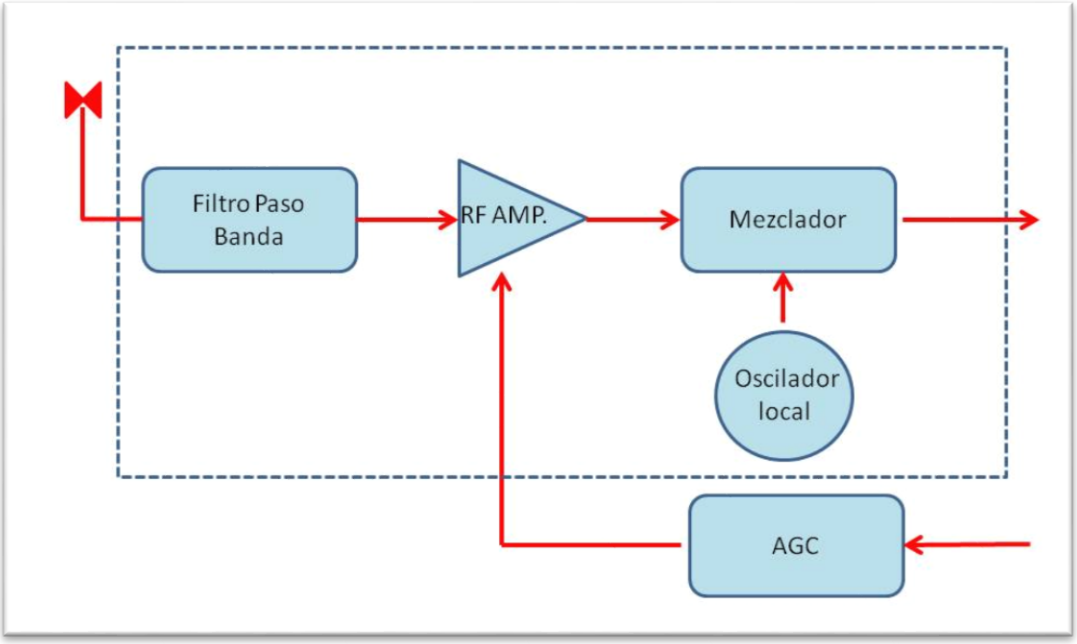


Figura 3.9: Bloques del área del tuner de un sintonizador analógico.

El segundo gran bloque que compone el receptor analógico es el demodulador. Este bloque recibe cualquier canal que haya sido sintonizado en la etapa previa sobre la misma banda de frecuencias. Aproximadamente de 33 a 40 MHz, donde la portadora de vídeo está en 38,9 MHz para la mayoría de estándares de televisión, pasándolo a video y audio en banda base.

El primer elemento que nos encontramos es un filtro SAW (filtro de onda acústica superficial), seguido del amplificador de FI. El amplificador de FI

debe tener una respuesta en frecuencia bastante específica y muy precisa en la zona de portadora de imagen. Si los amplificadores de FI tuvieran una respuesta plana, las frecuencias bajas se verían ampliadas por dos. Para evitar esto, la ganancia del amplificador-filtro se modifica evitando ser plana. De este modo la portadora de imagen ha de quedar en el centro de la caída (50% de nivel). En principio podría pensarse que el sonido puede amplificarse con el mismo nivel que la señal de vídeo, pero hay que tener en cuenta que el sistema "intercarrier" obtiene la segunda FI de sonido (5.5MHz) como batido entre la portadora de vídeo y la de sonido. Si se hace directamente, los productos de intermodulación que caen dentro de la zona de vídeo y tienen una amplitud suficiente como para apreciarse en la imagen. Para evitarlo, el sonido se atenúa en 25 dB respecto a la imagen (se amplifica 25 dB menos). No se elige la opción de atenuar el sonido antes de la transmisión, porque esta alternativa empeoraría la relación S/N. Debido a que difícil que un amplificador presente esta curva de respuesta, se utiliza uno de respuesta plana y se coloca un filtro previo. (Filtro de onda acústica superficial SAW).

La última etapa del demodulador se trata del demodulador en sí. Actualmente los demoduladores trabajan mediante detección síncrona, para una mejor demodulación de la BLV y además permiten utilizar un control automático de frecuencias de la sintonía de la emisora. Para la detección síncrona se necesita una señal de referencia que se genera en un CI mediante un filtro sintonizado a la frecuencia de la portadora de video en IF (38,9MHz). A continuación mostramos el diagrama de bloques de la etapa de IF.

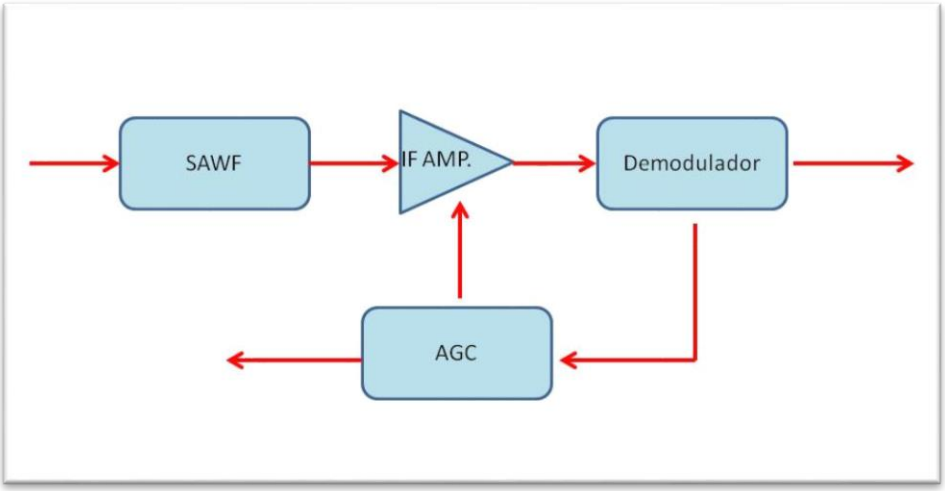


Figura 3.10: Bloques del área del demodulador del sintonizador analógico.

Así pues una vez hemos visto la etapa del tuner y la etapa del demodulador por separado, es el momento de mostrar el diagrama de bloques de nuestro DUT (el receptor analógico).

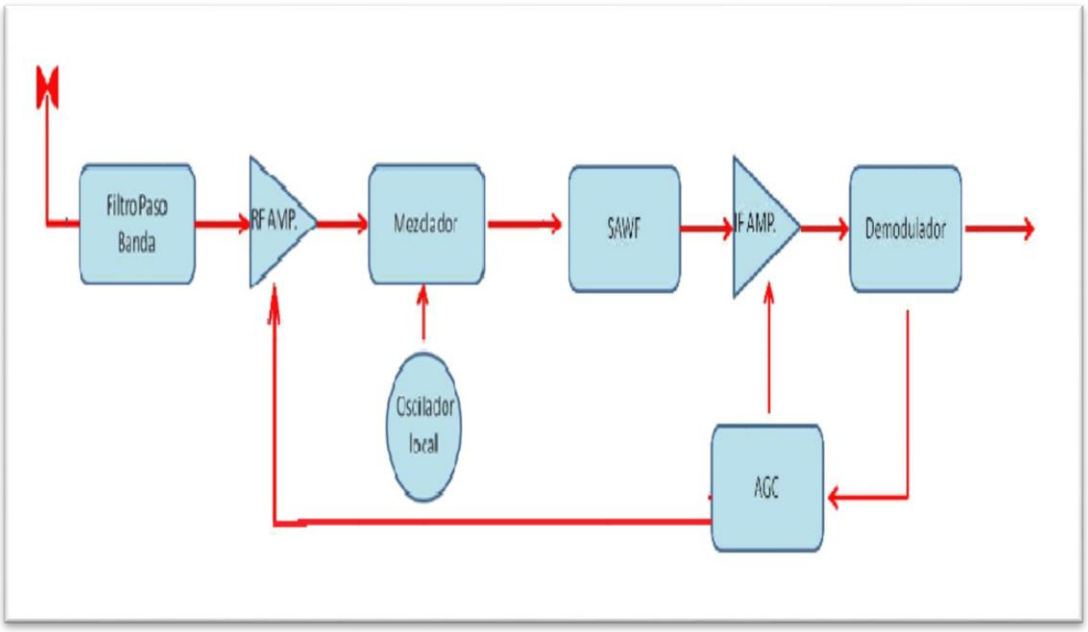


Figura 3.11: Diagrama de bloques completo de un sintonizador analógico: Tuner + demodulador.

3.3. Medidas de los parámetros del calidad de un receptor analógico.

Durante este capítulo hemos visto cómo funciona una TV y cómo funciona el receptor analógico. Es momento ahora de ver cómo podemos evaluar si nuestro DUT cumple con los parámetros de calidad necesarios. Estos parámetros de calidad o medidas que se realizan al receptor son los que posteriormente tendremos que desarrollar para medir automáticamente en nuestro software de LabView. El software nos mostrará un informe automático de estos parámetros para los diferentes canales de TV seleccionados, pero es fundamental entenderlos para poder interpretar los resultados y decidir si el receptor puede salir al mercado o se debe rediseñar.

Para cada tipo de test se utiliza un tipo de carta o señal de test diferente. Estas señales son seleccionables en nuestro equipo generador de cartas Tektronix TG2000. Antes de ver que test vamos a realizar es conveniente conocer que cartas se van a utilizar.

3.3.1. Señales de test.

En nuestro sistema de test utilizamos básicamente dos cartas diferentes, CCIR17 y SinX/x. Además de estas cartas, utilizaremos la línea 22 de cualquier carta, que se mantiene en negro, para realizar las medidas de relación señal a ruido.

La señal CCIR17 se denomina así debido a que se inserta en la línea 17 de la señal de TV. A continuación podemos observar su forma de onda y sus principales características.

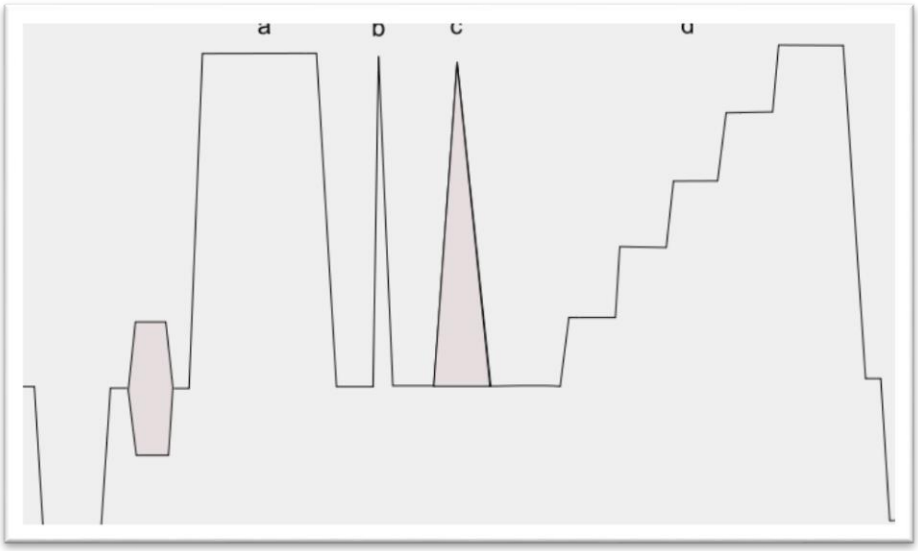


Figura 3.12: Línea de TV correspondiente al patrón CCIR17.

- a: barra de luminancia. Es una barra de una amplitud de 0,7V que corresponde a un blanco al 100% y una anchura de 10 µs. Situada a 12 µs del flanco de bajada del sincronismo horizontal. Los tiempos de caída de los flancos se deducen de la formación del impulso seno cuadrado. Se utiliza para realizar las medidas de ganancia de inserción y respuesta a los transitorios de corta y larga duración.

- b: impulso 2T o seno cuadrado. Se posiciona a 26 µs del flanco de bajada del sincronismo horizontal, tiene una duración de 200 ns y una amplitud de 0,7 V, blanco al 100%. Se utiliza para realizar las medidas de respuesta a altas frecuencias.

- c: impulso 20T o pulso compuesto. Es un pulso relleno de subportadora que dura 2 µs con una amplitud de 0,7 V. Su base se posiciona a 30 µs, el techo a 32 µs y el otro extremo de la base a 34 µs del flanco de bajada del sincronismo horizontal. Se utiliza para medir la diferencia de ganancia entre la luminancia y la crominancia así como el retardo entre ellas.

- d: escalera de luminancia de 5 peldaños. Son 5 peldaños de 140mV cada uno. La caída se sitúa a 62 µs del flanco de bajada del sincronismo horizontal. Se usa para medir alinealidad de la ganancia de la luminancia.

A continuación mostramos su apariencia en la pantalla de un TV.

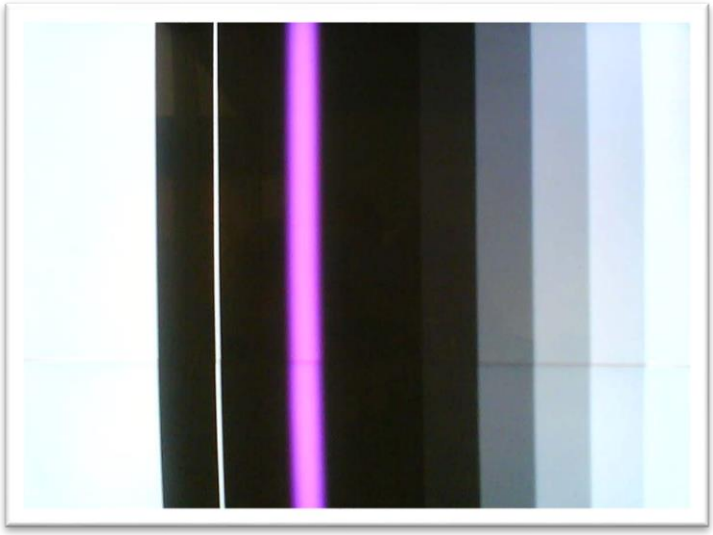


Figura 3.13: Apariencia de un patrón CCIR17 en un TV.

La otra señal que vamos a utilizar es SinX/X. Se denomina así debido a que parte de la información que sale por pantalla sigue dicha función. A continuación podemos observar su forma de onda y su función.

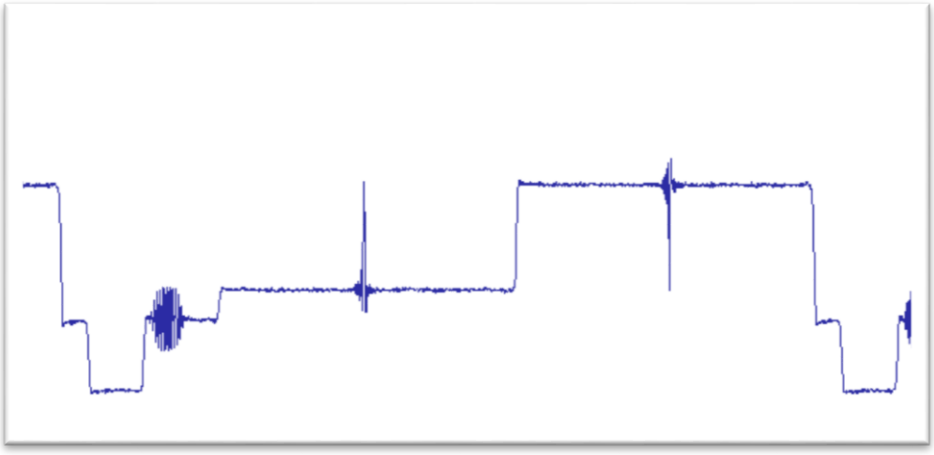


Figura 3.14: Línea de TV correspondiente al patrón SinX/X.

Se utiliza para medir la respuesta en frecuencia y el retardo de grupo. Su apariencia en la pantalla de un TV es la siguiente.

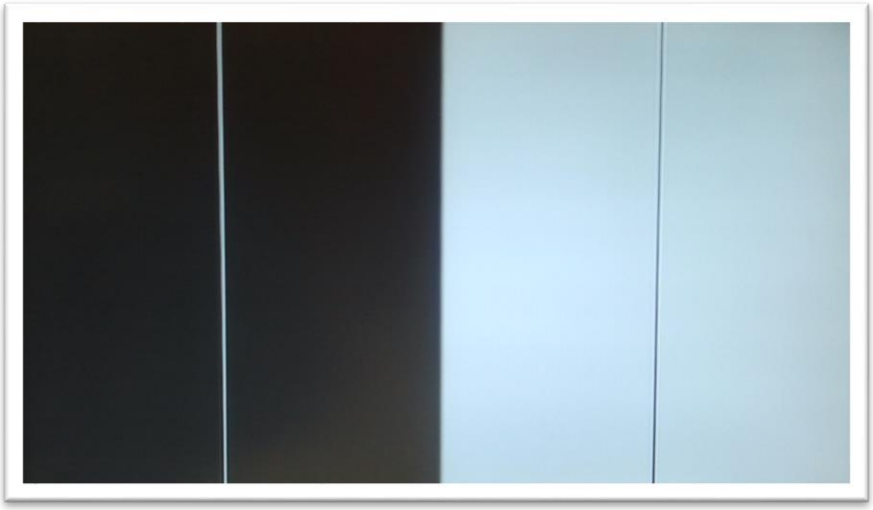


Figura 3.15: Apariencia de un patrón SinX/X en un TV.

3.3.2. Parámetros de medida de un receptor analógico.

A continuación se va realizar la descripción de los principales parámetros de medida que se han de tener en cuenta a la hora de evaluar un determinado receptor analógico. Estos parámetros se miden a la salida del demodulador analógico, por tanto tenemos una señal CVBS de 5MHz, y vienen a medir cuanto se parece la señal recibida a la señal enviada.

Respuesta en frecuencia. Esta medida se realiza con la carta sinX/X y pretende evaluar la habilidad de un sistema para transferir linealmente los

componentes de una señal con diferentes frecuencias sin afectar a sus amplitudes. La respuesta en frecuencia ideal es la plana, 0dB, para todas las frecuencias de un canal de video, cayendo en picado fuera de la banda de video. Como una respuesta en frecuencia de un sintonizador analógico no puede ser ideal, siempre se deja unos márgenes de tolerancia, se trata de ver si el receptor es capaz de cumplir con estos márgenes como se ve en el siguiente ejemplo real.

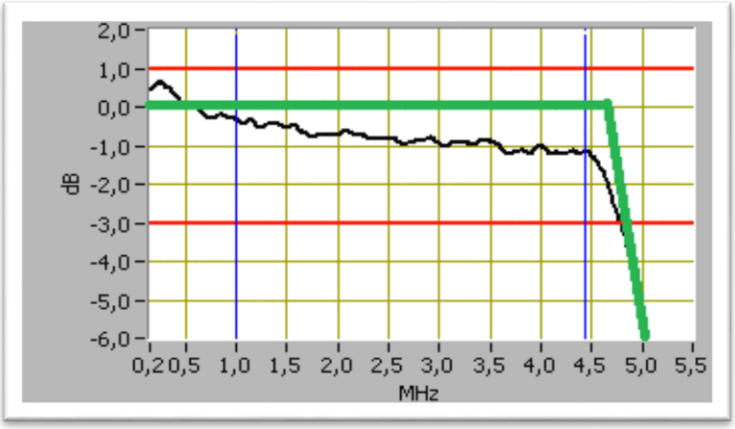


Figura 3.16: Imagen de la respuesta en frecuencia de un sintonizador real y de un sistema ideal.

Podemos ver en verde la respuesta ideal y en negro la real. Los márgenes de tolerancia son las líneas horizontales rojas (1 y -3dB), y se deben cumplir dentro de la banda de video, cayendo en picado fuera. También vemos un par de líneas verticales que nos sirven de referencia, para observar la respuesta en 1MHz y en 4,43MHz (subportadora de color).

Retardo de grupo. Este test se realiza con la carta sinX/x. La distorsión del retardo de grupo se presenta cuando las componentes frecuenciales de una señal experimentan diferentes retardos cuando pasan por un determinado sistema. Las distorsiones están expresadas en unidades de tiempo. La diferencia de retardo entre una referencia de baja frecuencia y una de mayor frecuencia medida es denominada como error de retardo de grupo. Como en el caso anterior, no existe un receptor con un retardo de grupo ideal, por tanto nos conformaremos con que no pase los márgenes de tolerancia establecidos dentro de la banda de video (±50ns). A continuación podemos ver el resultado real de un test de retardo de grupo.

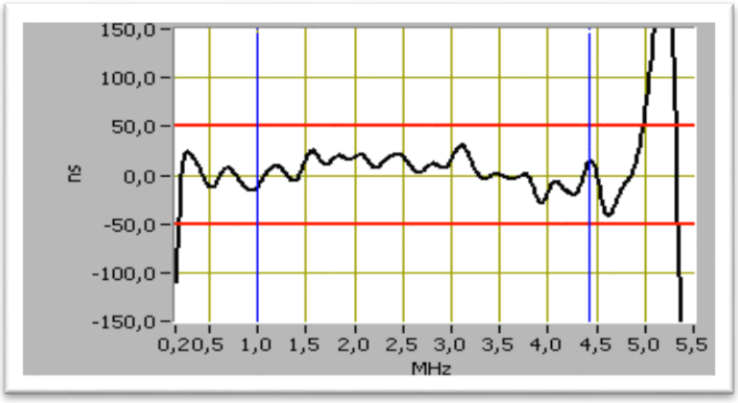


Figura 3.17: Imagen del retardo de grupo de un sintonizador analógico.

Respuesta al impulso. Esto más que un test en sí, es una evaluación temporal de una línea de TV. Para realizar esta evaluación utilizaremos una carta CCIR17 que por sus características nos proporcionara bastante información sobre la calidad del receptor. Se suele utilizar un zoom temporal sobre la línea, donde tan solo se observan la barra de luminancia, el pulso 2T y el pulso 20T, eliminando pues la escalera de luminancia. Con esta evaluación podemos ver si el receptor muestra pre-shoot o over-shoot (dependiendo de la forma en las transiciones de nivel/luminancia), y también podemos ver si su respuesta frecuencial es uniforme (si el nivel de blanco de los pulsos alcanza el nivel de blanco de la barra de luminancia o no). Al no tratarse propiamente de un test no tenemos unos márgenes de tolerancia definidos, sino que es el propio ingeniero quien con su criterio observa si el receptor está funcionando correctamente o no. A continuación exponemos una imagen donde se puede ver esta respuesta al impulso, concretamente muestra un poco de pre-shoot y que el nivel de blanco del pulso no llega al de la barra de luminancia.

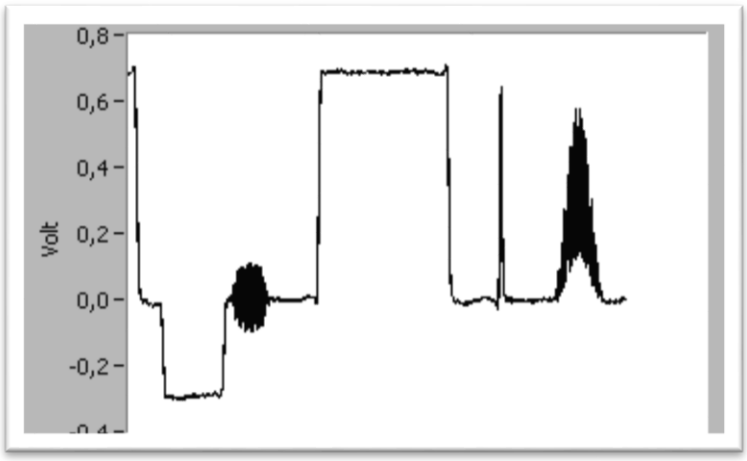


Figura 3.18: Línea de TV del patrón CCIR17.

Espectro de ruido. El ruido es una fluctuación añadida a la señal el cual está presente en cualquier sistema eléctrico. El ruido puede ser aleatorio o coherente y puede estar producido de forma natural o por fuentes creadas por el hombre. Así pues, siempre hay algún tipo de ruido presente. Los niveles de ruido se miden en dB respecto al nivel de potencia de la señal. El espectro de ruido es una señal que se obtiene del espectro en frecuencia de una línea que no lleva señal. Normalmente se reserva la línea 22 para hacer este tipo de medidas. Aquí tampoco tenemos unos márgenes definidos, se trata de observar que el espectro de ruido sea bastante plano, que no tenga ningún espurio y que la relación señal a ruido sea la mayor posible. A continuación mostramos un ejemplo de espectro de ruido en el que no se observa ningún problema.

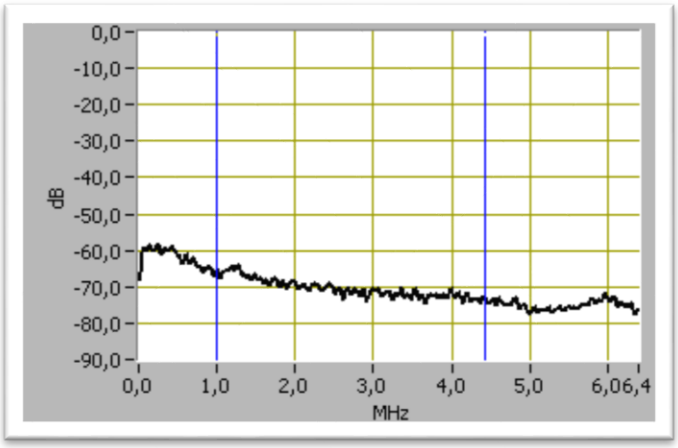


Figura 3.19: Espectro de ruido de un sintonizador analógico real.

2T pulse. Este parámetro se mide con la señal CCIR17. Mide la relación entre el lóbulo principal y el secundario de un pulso 2T. Esta relación que mostramos a continuación, se mide directamente en el analizador de video, y su valor debe ser inferior al 5% para que el sintonizador funcione correctamente.

$$K_{factor}\,(2T\ pulse) = \frac{B}{A}100$$

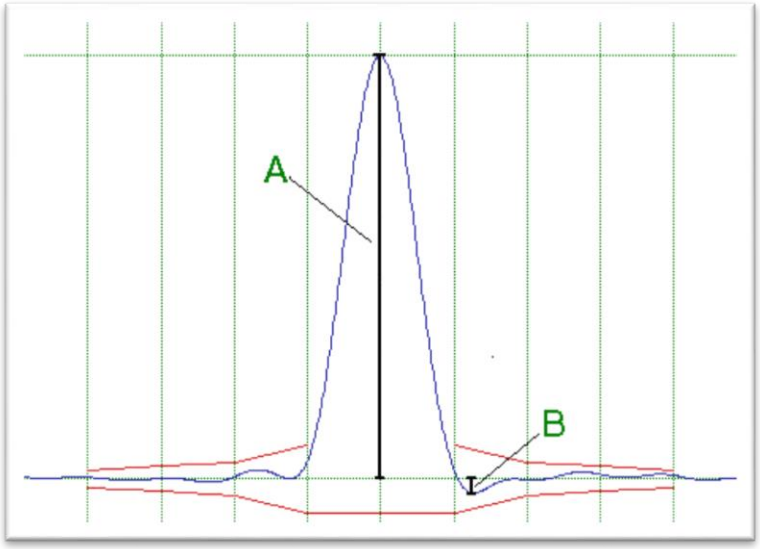


Figura 3.20: Explicación gráfica de la medida 2T pulse.

Si el mínimo de la función está en la parte derecha como en la imagen, se denomina over-shoot, en cambio sí está en la izquierda el sintonizador muestra pre-shoot. En ambos casos el límite tolerable es del 5%.

S/N Vs Channel. Esta medida no deja de ser una medida del espectro de ruido. Se mide la relación señal a ruido para varios canales de TV y se muestran en una gráfica. Aquí podemos ver la evolución del S/N en función de la frecuencia del canal, observando si el nivel de SNR es suficiente y a su vez su relación con la frecuencia, que debería ser lo más llana posible. A continuación mostramos una gráfica donde se observa que tenemos una SNR bastante llana en torno a 57,5dB.

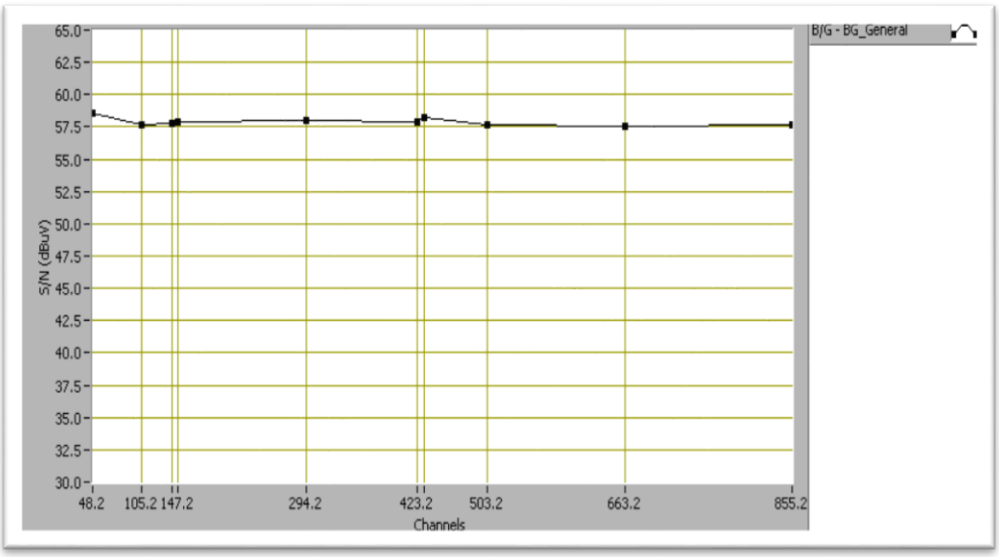


Figura 3.21: Gráfica de un sintonizador real al test SNR Vs Channel.

S/N Vs Rf level. Otra medida que podemos hacer a partir de la relación señal a ruido, es la evolución de esta respecto al nivel de RF que tenemos a la entrada del receptor. Aquí debemos observar como la relación debe ir subiendo conforme aumentamos el nivel de RF a la entrada del receptor, hasta que llega al punto donde obtiene su máximo SNR. A partir de este punto la gráfica debe ser llana y no observar ningún bajón en la relación de señal a ruido, sobre todo cuando nos acercamos a los niveles máximos de RF permitidos a la entrada.

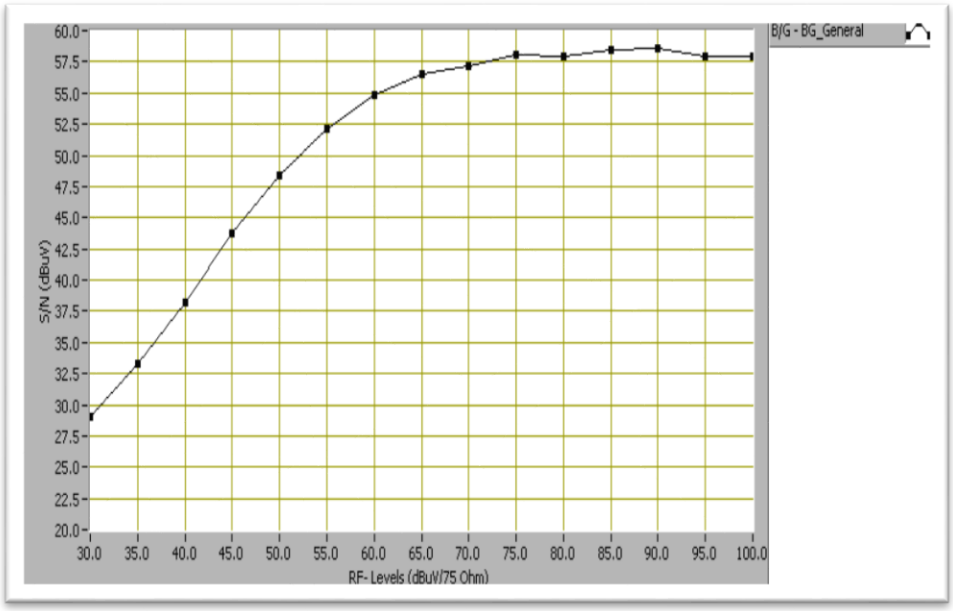


Figura 3.22: Gráfica de un sintonizador real al test SNR Vs RF level.

A parte de todos estos parámetros de los cuales detallamos gráficas, hay una serie de parámetros que puede medir un analizador de video que también es interesante saber su valor. Estos parámetros también los incluiremos en una lista dentro de nuestro informe del sintonizador para cada canal. Los más importantes son: luminance amplitude, sync. amplitude, burst amplitude (con estos podemos deducir también la Vpp del video de salida), 2T pulse amplitude, 2T k factor, Differential gain, Differential phase y Lum/Noise ratio.

4. Estructura HW del sistema de automedidas.

Ahora que ya tenemos una base teórica de la TV, del dispositivo bajo test y del tipo de pruebas que queremos realizar, es el momento de adentrarnos en nuestro proyecto para conseguir los objetivos planteados al inicio de éste. Si recordamos los objetivos (control remoto del DUT, añadir nuevo analizador de video, añadir tablas de frecuencias por sistema, calibración de canales, generación de informe en Excel y generar un autoejecutable de nuestro software), observamos que necesitamos una nueva estructura hardware. A continuación, expondremos la nueva arquitectura, con los diferentes equipos, diagrama de conexión y buses de comunicación.

4.1. Equipos y diagrama de conexión.

Para realizar nuestro proyecto necesitamos añadir a nuestro sistema un analizador de espectro (Advantest R3261A), un analizador de video (Tektronix VM700), control remoto del DUT (RedRat3 y ECS commands) y diferentes adaptadores de impedancias. Si añadimos estos elementos a los que ya tenía el sistema de automedidas antes de empezar el proyecto, obtenemos la siguiente estructura Hardware.

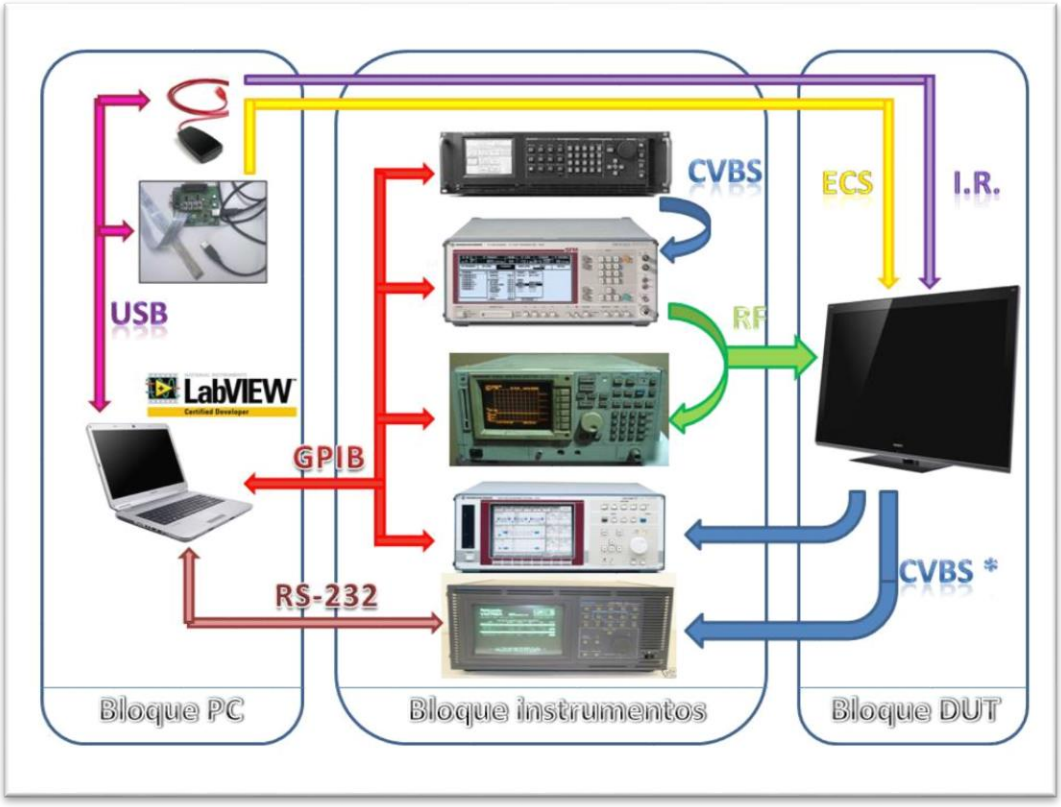


Figura 4.1: Bloques de nuestro sistema de automedidas con sus respectivos componentes y señales de comunicación.

Como vemos mantenemos los tres bloques que había anteriormente, pero hemos aumentado significativamente el número de equipos y las interconexiones entre ellos. Pasamos pues a explicar cada uno de los bloques, los equipos que los compones y las señales que se generan.

En el bloque del PC, vemos que además del PC que incluye el entorno LabView han aparecido un emisor de IR (Red Rat3) y un generador de comandos ECS.

El PC se trata de un ordenador estándar, no necesita ningún componente especial, solamente necesita entorno Windows, 1Gb de espacio libre en disco para instalar el programa y no ir cortos de memoria RAM, puesto que trataremos muchos datos y el tamaño de los informes es relativamente extenso. Para comunicar con la resta del entorno del PC necesitaremos como mínimo una salida USB, puesto que controlaremos el RedRat o el generador de comandos ECS indistintamente, pero no a la vez. La solución ideal pasa por tener al menos dos salidas USB, así dejamos todo el conexionado fijo, y podemos elegir dentro del SW que control del DUT queremos utilizar, sin preocuparnos si está disponible en esos momentos o no. El PC también debe de disponer de bus serie, RS-232, o un conversor USB-Serie para comunicar con uno de los equipos, el Tektronix VM700. El último puerto de comunicación que necesita el PC es el GPIB, que habitualmente no suele tener. En nuestro caso lo solucionamos añadiendo un conversor de USB a GPIB de National Instruments, aunque si no disponemos de puerto USB libre también se puede utilizar una tarjeta PCMCIA-GPIB.

Figura 4.2: Laptop con cable conversor de USB a GPIB de NI.

El segundo equipo que encontramos en el bloque del PC es el emisor de infrarrojos, RedRat3. El RedRat3 es un pequeño dispositivo que se conecta

al PC mediante el puerto USB. Es capaz de recibir y enviar secuencias de comandos de IR, simulando un mando de TV. El RedRat contiene un paquete software que nos permite grabar las diferentes secuencias de IR que es capaz de enviar nuestro mando de TV y guardarlas en una base de datos de comandos IR. Posteriormente desde nuestro software, accederemos a esta base de datos y enviaremos la secuencia de comandos apropiada para la sintonía del canal que queremos medir en cada momento. En definitiva, simula el control automático del mando a distancia de la TV a través de nuestro software de automedidas. El RedRat3 se comunica con el DUT mediante IR, que no son más que ondas de frecuencia menor que la luz visible, consecuentemente no pueden ser vistas por el ojo humano pero sí que pueden ser captadas por el receptor IR de la TV. Cada secuencia de IR es única y corresponde a cada uno de los botones del mando a distancia. Estas secuencias son pulsos IR que transportan un código de N bits, que identifican la tecla pulsada. A continuación mostramos el emisor de infrarrojos, RedRat3, el espectro de una onda IR y una secuencia de comandos IR.

Figura 4.3: Emisor de I.R. RedRat.

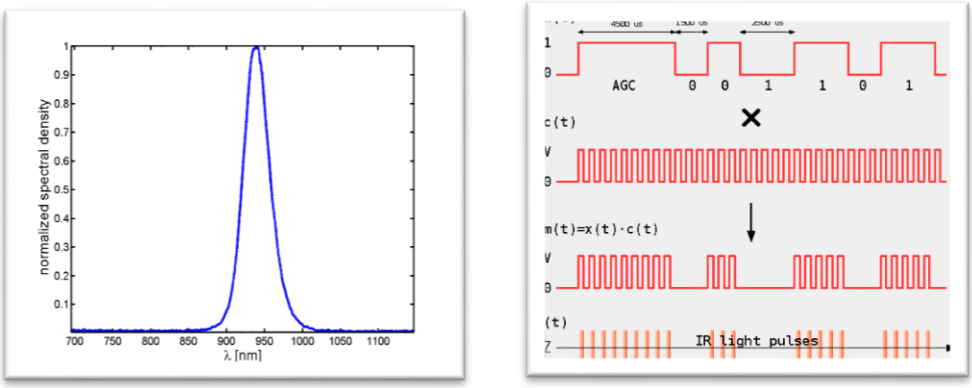


Figura 4.4: Longitud de onda de una señal I.R. y secuencia de comandos I.R.

El último dispositivo Hardware que nos encontramos en el bloque del PC es el generador de comandos ECS. Éste dispositivo es propio de Sony y solo es válido para TV de esta marca, para la cual está hecho nuestro proyecto. Este dispositivo consta de una placa TL-V de Sony que se conecta mediante el puerto USB a nuestro PC y mediante un cable propio de Sony a la TV. Este cable propio es parecido a un bus I2C para comunicarnos con el main micro de la TV. El ordenador, dentro de nuestro programa de automedidas, envía una cadena de datos en formato string hexadecimal a la placa TL-V, esta los convierte y envía una orden por I2C al main micro de la TV. Esta orden que se envía a la TV mediante I2C se conoce como ECS command. El main micro interpreta los diferente ECS commands, accede a la memoria de la TV y muestra por pantalla el canal que corresponde a la orden que enviamos desde el PC. A continuación mostramos el generador de comandos ECS, así como una trama I2C.

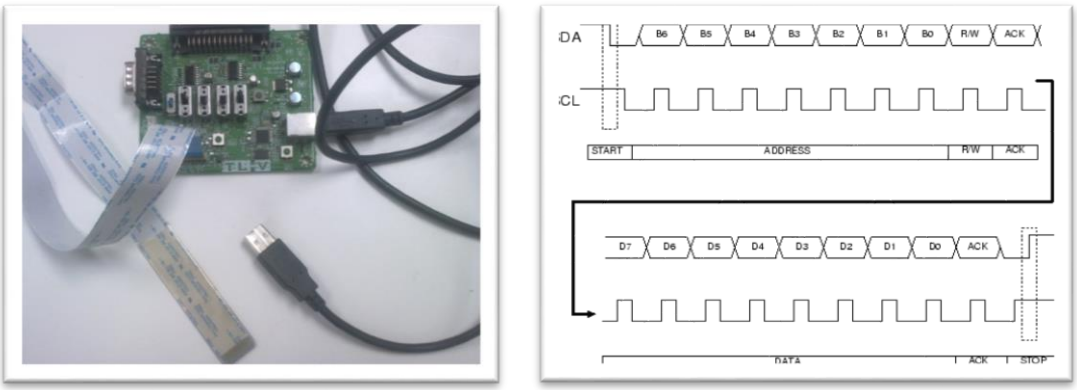


Figura 4.5: Fotografía de una placa TL-V para enviar ECS commands al TV y trama I2C que llega al main micro del TV.

El segundo bloque, el de instrumentos, muestra las novedades del analizador de espectros y un segundo analizador de video. Estos instrumentos se suman a los que ya disponíamos, un generador de cartas, un modulador analógico en RF y otro analizador de video. En este bloque es donde se generan las señales de RF que debemos enviar al DUT y donde se analiza la respuesta de este, CVBS.

El primer instrumento que encontramos es el generador de cartas o miras analógico. Se trata del modelo Tektronix TG2000. Éste modelo se comunica con el PC mediante el bus GPIB y es compatible con las funciones VISA de LabView que veremos más adelante. A su salida es capaz de generar señal CVBS en los diferentes estándares de color, NTSC,

SECAM y PAL, a su vez es capaz de variar los diferentes parámetros de vídeo, sync level, lum level, etc. Es en este instrumento donde generamos las cartas que hemos explicado anteriormente que necesitaríamos para nuestros test, CCIR17 y SinX/X, aunque estas solo son una pequeña muestra de una gran variedad de cartas que dispone el equipo para diferentes pruebas.

Figura 4.6: Panel frontal del generador de cartas Tektronix TG2000.

El segundo equipo que encontramos es el modulador de RF analógico. Este equipo se encarga de recoger la señal CVBS que hemos generado con el Tektronix TG2000 y es capaz de modularla en RF en cualquiera de los estándares analógicos. El modelo que vamos a utilizar es un Rohde&Schwarz SFM que al igual que el instrumento anterior es controlable por el PC mediante el bus GPIB, y también es compatible con las funciones VISA de LabView. El SFM dispone de los siguientes estándares de TV analógica: B/G, L, I, D/K y M/N; y puede añadirle a cada una de ellas diferentes tipos de sonido: mono, stereo, Zweiton o NICAM. Como es lógico el SFM dispone de un selector de frecuencia o canal en el que deseamos modular nuestra señal, así como un selector de potencia emitida. La salida de la señal modulada en RF es a través de un conector tipo N de 50Ω. En esta salida debemos conectar un adaptador de impedancias de 50Ω a 75Ω, así como un conversor de tipo N a BNC para poder conectar el cable que llevará la señal a la TV (cable de 75Ω, un extremo BNC y otro IEC).

Figura 4.7: Panel frontal del modulador analógico R&S SFM.

El tercer equipo que encontramos es un analizador de espectro. Hasta ahora no se calibraba la señal que se envía del modulador de RF a la TV y se suponía que el nivel de salida no se veía afectado ni por el adaptador de impedancias, ni por el conversor N a BNC, ni por el cable que va a la TV. En la realidad se observa que no es así, puesto que empíricamente podemos comprobar que existen unas pérdidas entorno a los 6dB en nuestro setup habitual, por lo que se decide añadir un analizador de espectro al sistema para calibrar el nivel de la señal de RF y por tanto obtener los mismo resultados independientemente del setup y cables que utilicemos. En nuestro caso vamos a utilizar un Advantest R3261A. Este analizador de espectro es controlable GPIB y obviamente también es compatible con las funciones VISA de LabView. La entrada de RF del Advantest es también de 50Ω tipos N, para no afectar a la medida incorporamos un adaptador de impedancias de 50Ω a 75Ω inductivo a la entrada, con lo que entendemos que las pérdidas se aproximan a 0dB. En esta entrada conectamos directamente la señal del cable de antena de la TV que proviene del SFM y comparamos la potencia recibida en el analizador de espectro para cada canal con la teórica, creando así una tabla de calibración o perdidas propias para cada frecuencia RF.

Figura 4.8: Panel frontal del analizador de espectro Advantest R3261A.

El último equipo que necesitamos es un analizador de video. Hasta ahora el sistema trabajaba con un Rohde&Schwarz VSA, pero tenemos que adaptar nuestro proyecto a un nuevo entorno de trabajo para Sony Japón, así que añadiremos un nuevo analizador de video, Tektronix VM700. La función del analizador de video es recibir y analizar la señal en banda base que obtiene a la salida el DUT. Esta señal CVBS procesada se puede recibir en cualquiera de los dos analizadores de video que disponemos en el sistema y que previamente habremos seleccionado en nuestro Software de medida. La señal CVBS procesada se puede sacar a través del SCART de la TV o a través de un conector de video en banda base si estamos analizando un sintonizador standalone y se conecta al analizador de video mediante un conector RCA. Las medidas que tiene que poder hacer nuestro analizador de video son: respuesta en frecuencia, respuesta temporal, retardo de grupo, espectro de ruido, respuesta al 2T pulse, medidas de SNR y diferentes medidas de parámetros de video como sync amplitude, burst amplitude, lum amplitude, differential gain o differential phase.

El Rohde&Schwarz VSA se comunica con el PC a través del puerto GPIB y es compatible con las funciones VISA de LabView. Además de las funciones descritas anteriormente también se puede utilizar como vectorscopio, como monitor de forma de onda y como osciloscopio.

Figura 4.9: Panel frontal del analizador de video R&S VSA.

La nueva incorporación, el Tektronix VM700, se trata de un analizador de video mucho más antiguo, pero debido a la disponibilidad de equipos en la nueva ubicación de nuestro sistema de automedidas nos vemos con la obligación de introducirlo a nuestro sistema. La comunicación con el PC se realiza a través del puerto serie, lo que dificulta mucho la creación de

drivers para LabView. En cuanto a las características de medida es muy similar al VSA y también puede funcionar como vectorscopio, monitor de forma de onda y osciloscopio.

Figura 4.10: Panel frontal del analizador de video Tektronix VM700.

El último bloque no sufre ninguna modificación, se trata estrictamente de nuestro dispositivo bajo prueba. El receptor analógico, bien standalone o integrado en un TV, recibe la señal en RF y la pasa a CVBS. Esta señal CVBS, como hemos visto anteriormente, se envía mediante un cable RCA al analizador de video. El DUT es capaz de sintonizar diferentes canales de TV gracias al control remoto de éste desde nuestro PC, bien por IR o por ECS commands.

4.2. Buses de comunicación.

Como hemos visto en el apartado anterior, vamos a utilizar diferentes buses de comunicación: GPIB, RS232, I2C y USB. Aunque no entremos en profundidad en la arquitectura y funcionamiento de los diferentes buses utilizados, sí que es de interés conocer las características fundamentales de cada uno de ellos para poder utilizarlos correctamente.

El bus GPIB o IEEE488 permite que hasta 15 dispositivos inteligentes compartan un simple bus paralelo de 8 bits, mediante conexión en cadena, con el dispositivo más lento determinando la velocidad de transferencia. La máxima velocidad de transmisión está sobre 1 Mbps en el estándar original y en 8 Mbps con IEEE-488.1-2003 (HS-488). Las 16 líneas que componen el bus están agrupadas en tres grupos de acuerdo con sus funciones: 8 de bus de datos, 3 de bus de control de transferencia

de datos y 5 de bus general. Algunas de ellas tienen retornos de corrientes comunes y otras tienen un retorno propio, lo que provoca un aumento del número de líneas totales hasta 24 (8 masas). Los instrumentos pueden pedir atención al controlador mediante una única línea de interrupción y se identifica con una dirección de 5 bits. La longitud máxima es de 20m para cada sección. El bus GPIB es el más común en el control remoto de instrumentos e incluso un consorcio de fabricantes definió en 1991 los Standard Commands for Programable Instruments (SCPI) para normalizar su uso.

El bus serie RS-232 ha sido uno de los buses más populares, puesto que una amplia mayoría de PC disponían de este bus de conexión. Actualmente se está substituyendo por el bus USB, pero aún quedan periféricos cuyo control tenemos que realizar a través del puerto RS-232. El conector serie puede ser tipo DB-9 de 9 pines o DB-25 de 25 pines. Las señales con las que trabaja este puerto serie son digitales, de +12V (0 lógico) y -12V (1 lógico), para la entrada y salida de datos, y a la inversa en las señales de control. El estado de reposo en la entrada y salida de datos es -12V. Dependiendo de la velocidad de transmisión empleada, es posible tener cables de hasta 15 metros. La velocidad para esta longitud no supera los 20kbps. El tipo de comunicación puede ser síncrona o asíncrona indistintamente. En una transmisión síncrona los datos son enviados en bloques, el transmisor y el receptor son sincronizados por uno o más caracteres especiales llamados caracteres sync. La comunicación serie puede ser simplex, half-duplex o full-duplex, dependiendo si el flujo de información es en una sola dirección, en dos direcciones alternativamente o en dos direcciones simultáneamente.

El bus USB es un estándar industrial desarrollado en los años 1990 que define los cables, conectores y protocolos usados en un bus para conectar, comunicar y proveer de alimentación eléctrica entre ordenadores, periféricos y dispositivos electrónicos. El bus USB es un bus serie que permite un máximo de 127 dispositivos y una longitud de cable de 5m entre ellos. Dependiendo de la generación la velocidad varía, 12Mbps para 1.0, 480Mbps para 2.0 y 4,8Gbps para la nueva 3.0. Hasta la generación 2.0 disponía de 4 pines de comunicación y se aumenta hasta 8 para la generación 3.0. De los 4 pines habituales uno es de masa, otro de alimentación y un par trenzado de comunicación diferencial. La alimentación del bus es de 5V con un límite de 900mA. Los conectores pueden ser estándar, mini o micro y de tipo A o B.

Por último hablaremos del bus I2C. Aunque no lo utilizamos directamente, sí que lo utiliza la placa TL-V, que controlamos por USB para enviar los comandos ECS a la TV. I2C es un bus de comunicaciones en serie. Su nombre viene de *Inter-Integrated Circuit* (Inter-Circuitos Integrados). La versión 1.0 data del año 1992 y la versión 2.1 del año 2000, su diseñador es Philips. La velocidad es de 100Kbps en el modo estándar, aunque también permite velocidades de 3.4 Mbps. Es un bus muy usado en la industria, principalmente para comunicar microcontroladores y sus periféricos en sistemas integrados (*Embedded Systems*) y generalizando más para comunicar circuitos integrados entre sí que normalmente residen en un mismo circuito impreso. La principal característica del I2C es que utiliza dos líneas para transmitir la información: una para los datos y por otra la señal de reloj. También es necesaria una tercera línea, pero esta sólo es la referencia (masa). Las líneas se llaman, SDA (datos), SCL (clock) y GND. Las dos primeras líneas son drenador abierto, por lo que necesitan resistencias de pull-up. Los dispositivos conectados al bus I2C tienen una dirección única para cada uno. También pueden ser *maestros* o *esclavos*. El dispositivo *maestro* inicia la transferencia de datos y además genera la señal de reloj, pero no es necesario que el *maestro* sea siempre el mismo dispositivo, esta característica se la pueden ir pasando los dispositivos que tengan esa capacidad. Esta característica hace que al bus I2C se le denomine bus multimaestro.

5. Estructura SW del sistema de automedidas.

Como hemos visto en el apartado anterior, toda la estructura HW necesita ser controlada desde el PC, tanto los instrumentos como el DUT. Así pues debemos desarrollar un SW para controlar todos estos instrumentos, automatizar las medidas y recoger los resultados para posteriormente generar el informe. Para desarrollar nuestro SW escogemos el entorno LabView puesto que al ser una evolución de un proyecto anterior, creemos conveniente reutilizar todo el código que ya está en uso, para añadir sobre éste los nuevos requisitos que nos hemos marcado como objetivo. El entorno LabView es muy popular en todos los entornos de programación sobre instrumentación debido a su fácil acceso a funciones avanzadas sobre instrumentos, fácil acceso y control de los diferentes puertos de comunicación tanto serie, paralelo o GPIB, además de un entorno de programación gráfico que facilita al programador seguir la estructura del programa y el flujo de datos con comodidad.

5.1. Introducción al LabView.

Como acabamos de comentar, el entorno de programación utilizado para el desarrollo de todo el sistema ha sido LabView. Su nombre proviene de las siglas inglesas Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench. Es un entorno gráfico para el desarrollo de aplicaciones en el campo de la instrumentación, desde la adquisición de datos hasta el control remoto de instrumentos. Dispone de librerías matemáticas para el análisis de datos, drivers de control de algunos instrumentos y una extensa librería de funciones que facilitan la comunicación por los diferentes puertos del PC.

A modo de sencilla introducción, la programación en un entorno gráfico se desarrolla a partir de bloques funcionales, como si de un diagrama de flujo se tratara. Cada bloque se podría equiparar a una función en C, puesto que, cuando llegan los datos de entrada, éstos se procesan y se realizan las acciones necesarias para obtener resultados. En LabView cada bloque es llamado Instrumento Virtual, VI, puesto que la apariencia de su interfície de usuario es similar a la de un instrumento de laboratorio. A continuación podemos observar la apariencia de un VI desde el punto de vista de usuario como desde el punto de vista del programador (front panel y diagrama de flujo de datos o diagrama de bloques respectivamente).

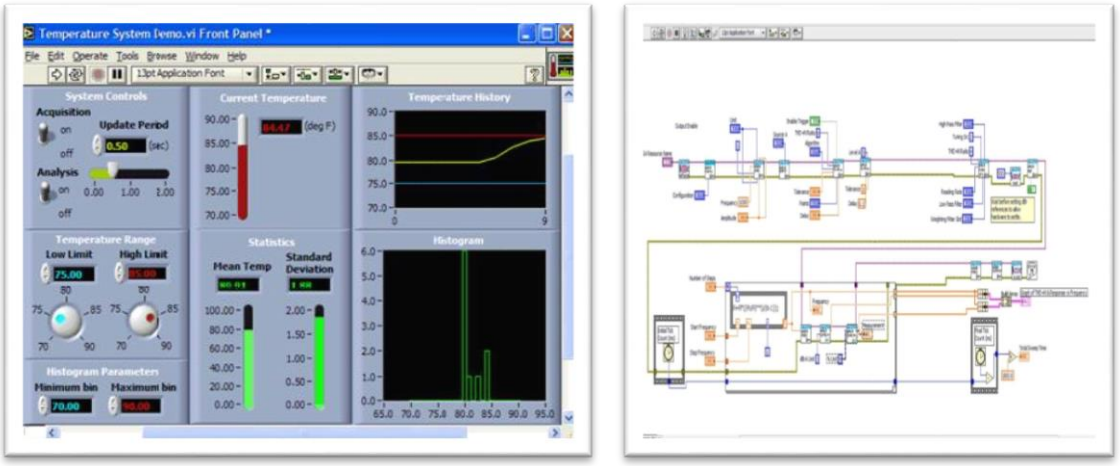


Figura 5.1: Aspecto visual de un panel de control y un diagrama de bloques en entorno LabView.

El Front panel es la interface del programa con el usuario y lo podemos distinguir en la anterior imagen como la ventana con un fondo de color gris. En él están representadas todas las entradas y salidas del programa que por analogía con un instrumento real serán llamadas controles e indicadores respectivamente.

El diagrama de bloques es el código de programación en lenguaje gráfico y lo podemos distinguir en la imagen como la ventana con fondo blanco. Los distintos componentes del diagrama de bloques son los nodos del programa. Estos nodos pueden ser directamente funciones básicas que contiene LabView, constantes, estructuras o subprogramas generados por el programador anteriormente. Estos subprogramas se les denominan sub-VI y no son más que programas que vamos a utilizar varias veces en nuestro programa principal, lo que se conoce como funciones en otros lenguajes de programación. Los diferentes nodos están unidos por cable que transfieren el flujo de datos a través del diagrama de bloques.

El flujo de datos en LabView es secuencial. Los datos circulan por el programa a través de los cables y llegan a los diferentes nodos o funciones. Un nodo nunca se ejecuta hasta que no tiene todos los datos de entrada, en ese momento se ejecuta y genera las correspondientes salidas que a su vez fluyen por los cables en busca del siguiente nodo.

Como hemos venido apuntando anteriormente, la comunicación de LabView con los diferentes instrumentos se realiza a través de varios buses de comunicación. Para gestionar estos buses LabView cuenta con las funciones VISA que pasamos a explicar a continuación.

Con la arquitectura VISA (Virtual Instruments Standard Architecture), se pretende crear una estructura de funciones y comandos transparente al tipo de interface utilizada para crear el sistema de instrumentación, por lo que el control de los instrumentos es independiente del tipo de bus. Esto permite aumentar la portabilidad de las aplicaciones entre plataformas distintas. Se debe definir un conjunto reducido de operaciones soportadas por VISA que deben estar implementadas en cualquier plataforma y entorno compatible. Por ejemplo, con LabView se puede abrir y cerrar una sesión VISA, enviar y recibir datos de un instrumento, etc. Este conjunto reducido de funciones debe permitir el control de cualquier instrumento cuyo mecanismo de comunicación esté basado en mensajes (como todos los IEEE-488 y RS232).

El corazón de VISA es el gestor de recursos (Resource Manager). Un recurso es un instrumento conectado a alguno de los buses disponibles. Las llamadas las funciones de la librería son llamadas al gestor, que es el que realiza el trabajo. Se podría considerar las funciones VISA como objetos, desde un punto de vista de programación, puesto que tienen sus atributos y métodos propios.

5.2. Diagrama de bloques global del SW.

Como hemos visto en el apartado anterior, LabView es un lenguaje de programación que permite la creación de subprogramas, llamados sub-VIs y que por tanto permite una programación jerárquica de funciones.

Nuestro proyecto consiste en generar un software capaz de controlar toda la estructura HW expuesta en el capítulo anterior y a su vez ser capaz de llevar a cabo todos los test necesarios sobre un receptor analógico de TV. Para llevar a cabo este proyecto han sido necesarios cientos de VIs que van desde el control a bajo nivel de los instrumentos y funciones VISA, hasta el programa principal, pasando por todo un amplio abanico de funciones que conforman nuestro SW de automedidas. Para entender un poco la estructura del SW, empezaremos por las funciones principales y poco a poco explicaremos el funcionamiento global de nuestro programa.

El programa principal está dividido en 4 sub-programas o funciones básicas: el programa de búsqueda de instrumentos disponibles, el

programa de configuración de estos instrumentos, el programa de configuración y realización de los test, y por último el programa de visualización de los test. A continuación mostramos la interface principal de nuestro software, así como la jerarquía de VI de LabView que conforman el programa principal.

Figura 5.2: Front Panel del programa principal.

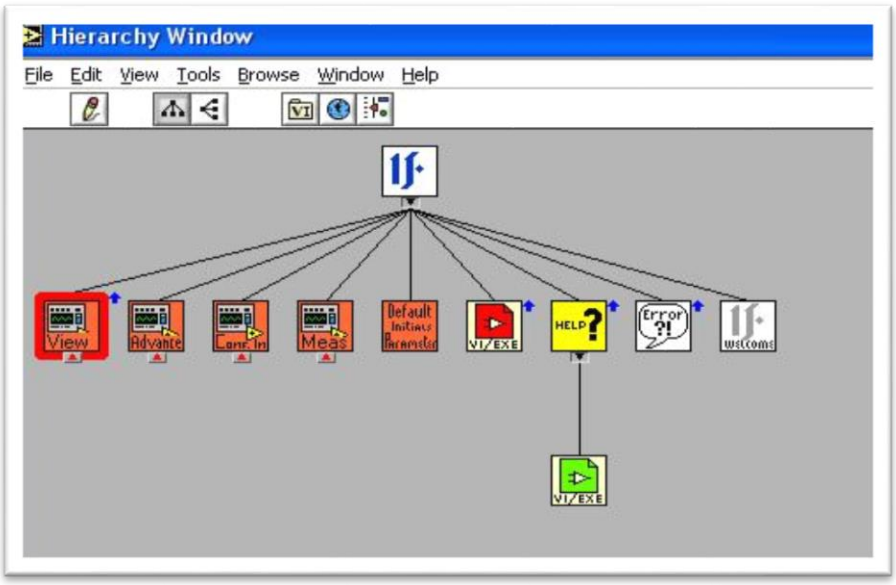


Figura 5.3: Jerarquía de VIs del programa principal.

El primer subprograma que vamos a estudiar es el "Instrument configuration". Este programa tiene la finalidad de configurar la

comunicación con el bloque de instrumentos que tenemos disponibles para llevar a cabo nuestros test. En este VI podemos cargar antiguas configuraciones de equipo, salvar la actual configuración de equipos y la función principal que es la búsqueda y autodetección de equipos presentes en el momento de ejecutar el SW. Cuando realizamos una autodetección de equipos nuestro SW consulta todos los puertos disponibles en el PC en búsqueda de posibles instrumentos conectados. Utilizando funciones VISA somos capaces de preguntar a cada puerto si tiene algún equipo conectado y el nombre de este, a su vez tenemos programado un código que nos permite diferenciar el tipo de instrumento que se trata y añadirlo a la lista de instrumentos disponibles. Una vez finalizada la autodetección de equipos, podemos seleccionar de cada una de listas un instrumento de cada tipo (video generator, tv modulator, video analyzer y spectrum analyzer). Una vez seleccionado el equipo que queremos utilizar, nos muestra automáticamente el puerto en que está conectado y nos permite configurarlo. La ventaja de incluir este subprograma es que nuestro SW puede funcionar en varias estaciones de test diferentes y se adapta a las diferentes configuraciones de GPIB y RS-232, así como a los instrumentos disponibles en cada una de ellas. A continuación mostramos la interface de usuario de programa de configuración de instrumentos, así como la jerarquía de VI que lo integran.

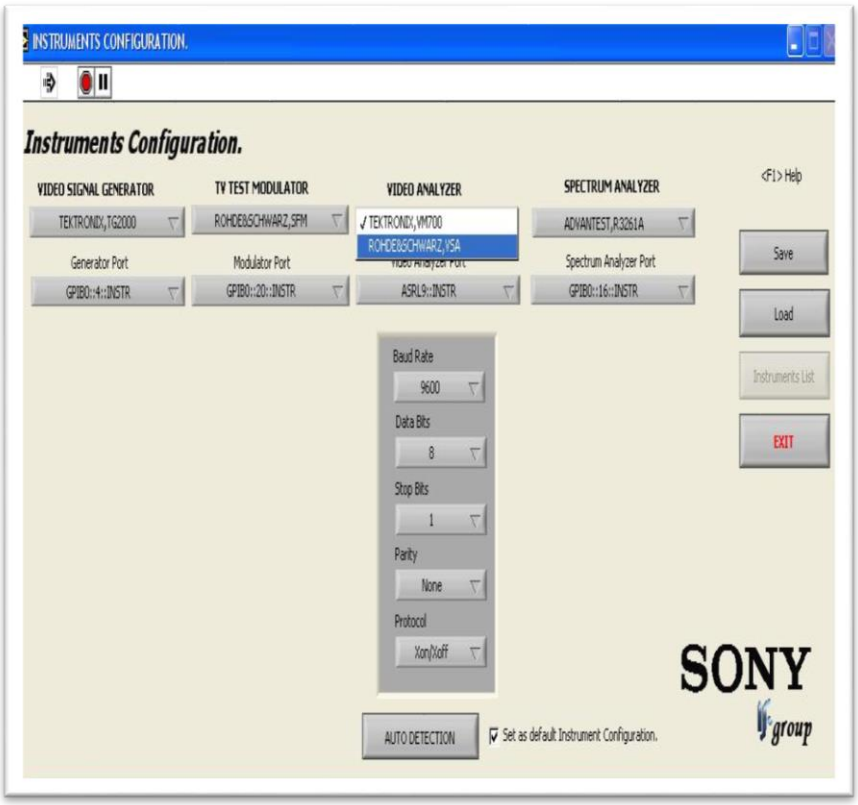


Figura 5.4: Front panel del subprograma "Instruments configuration".

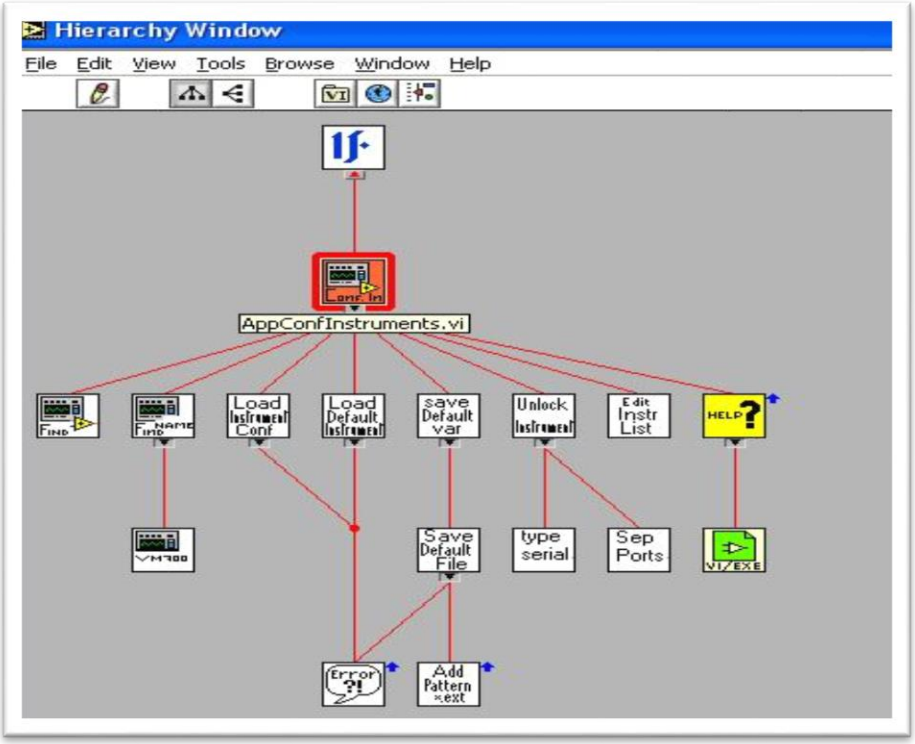


Figura 5.5: Jerarquía de Vis del subprograma "Instruments configuration".

El segundo sub-programa se llama "Advanced configuration" y tiene la finalidad de realizar la configuración específica de cada uno de los equipos que hemos elegido utilizar para realizar los test, así como el modo de funcionamiento del DUT. En este programa tenemos una pestaña diferente para cada equipo y una para el DUT. Una vez seleccionamos la pestaña de uno de los equipos disponemos de un panel frontal en el que remotamente podemos configurar totalmente el dispositivo seleccionado como si estuviéramos actuando directamente sobre el equipo, son pues instrumentos virtuales. Además tenemos una pestaña dedicada al DUT, en esta se selecciona el modo de funcionamiento del TV o del receptor analógico. Básicamente vamos a elegir si queremos sintonizar los canales manualmente como hasta ahora o si vamos a cambiar de canal mediante RED RAT o mediante ECS commands. En función del tipo de control remoto elegido nos iremos a un subprograma donde podemos configurar la correspondiente comunicación con el DUT. A continuación mostramos una pestaña del panel frontal de este sub-programa y la jerarquía de VI de este programa.

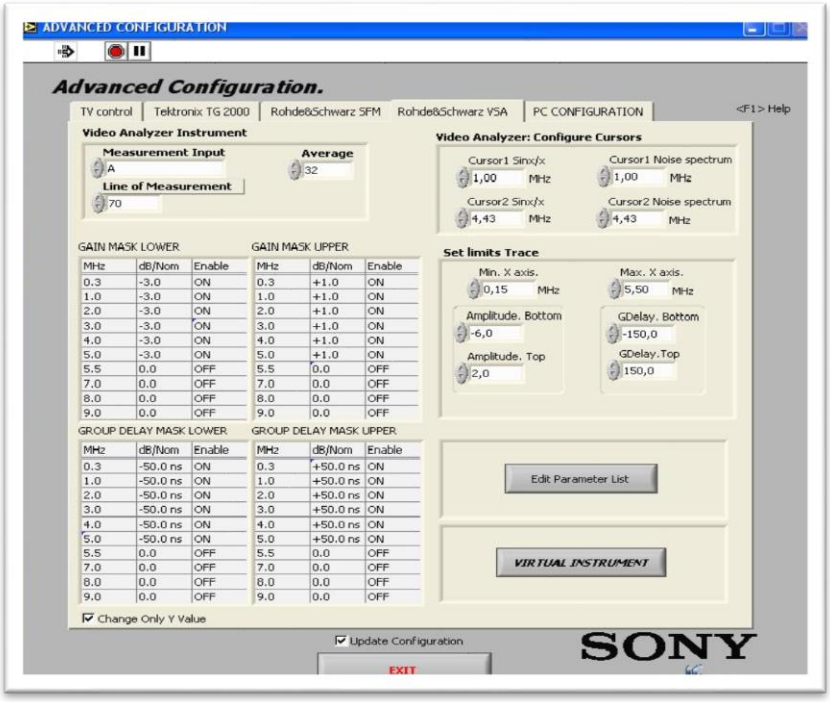


Figura 5.6: Front panel del subprograma "Advanced configuration".

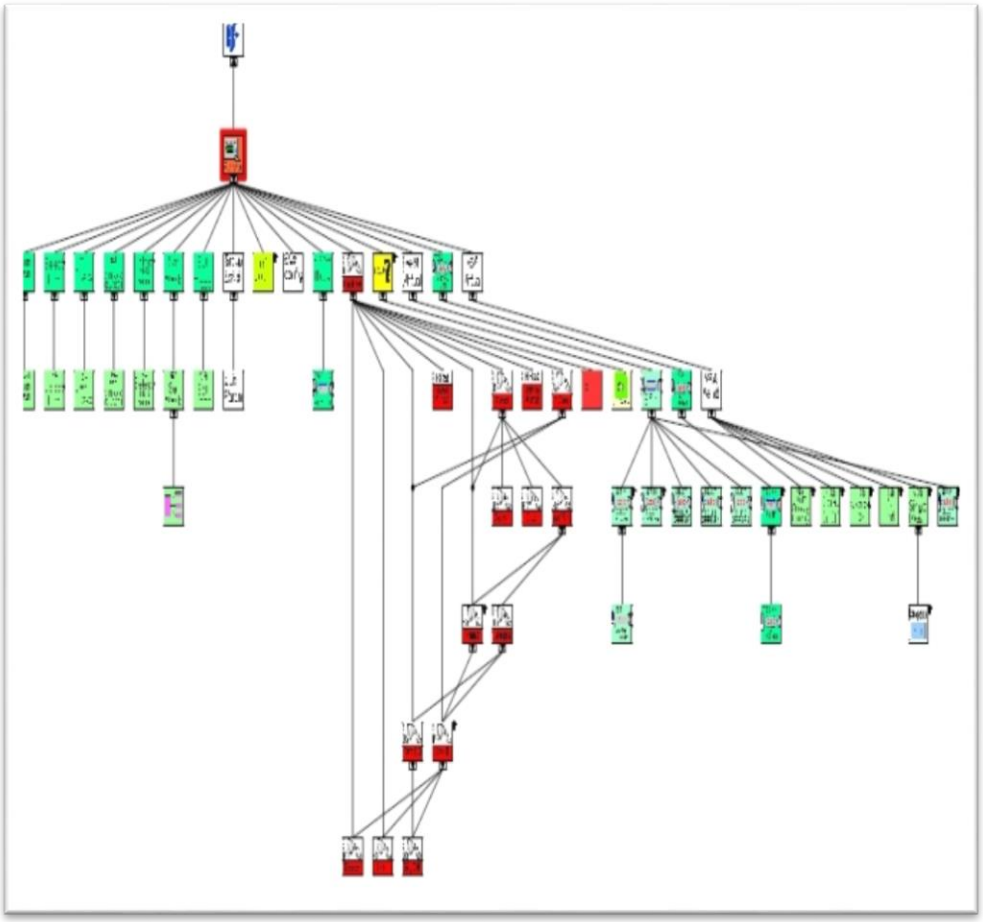


Figura 5.7: Jerarquía de VIs del subprograma "Advanced configuration".

El tercer subprograma, “Measurement configuration”, es el programa principal. Este programa dispone de una pantalla principal con todas las medidas o test que podemos llevar a cabo, de manera que podemos configurar que tipo de medidas o pruebas queremos realizar sobre nuestro DUT. A su vez en este programa podemos configurar la lista de canales y sistemas de TV en los que queremos realizar los test, así como los niveles de RF en los que queremos desarrollar nuestra prueba. Cuando acabamos de seleccionar la lista de canales que vamos a testear también nos muestra una pantalla en la que nos informa si queremos calibrar nuestro sistema de medidas y en caso afirmativo nos direcciona al sub-programa de calibración. Una vez tenemos el setup completo, tipos de test, niveles y lista de canales, podemos ejecutar nuestro SW y se llevará a cabo el test automático completo de nuestro DUT. Mientras se desarrolla la prueba se llama a toda una serie de sub-programas, cada uno de ellos encargados de un tipo de test y a su vez se nos muestra por pantalla el test que se está realizando, el nivel de RF y el canal. Mientras desarrollamos el test completo (dependiendo del número de canales y medidas puede tardar varias horas), también disponemos en pantalla de una barra de porcentaje del estado de la prueba y un reloj que nos indica el tiempo de prueba transcurrido (con esta ayuda nos podemos hacer una idea de lo que resta de test). La pantalla principal y el diagrama de VI que componen este programa los podemos ver a continuación.

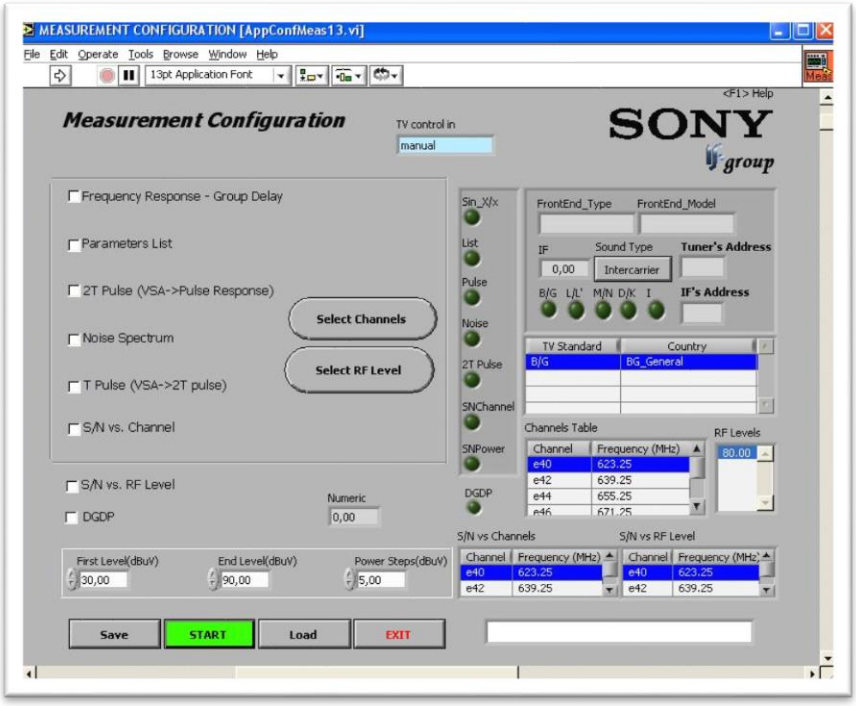


Figura 5.8: Front panel del subprograma principal “Measurement configuration”.

El diagrama de VI que componen este programa es muy complejo por lo que lo dividimos en 3 imágenes. Realmente cuesta seguir el nivel jerárquico de VI que componen el programa, pero nos ayuda a entender la complejidad de llevar a cabo el SW de medida.

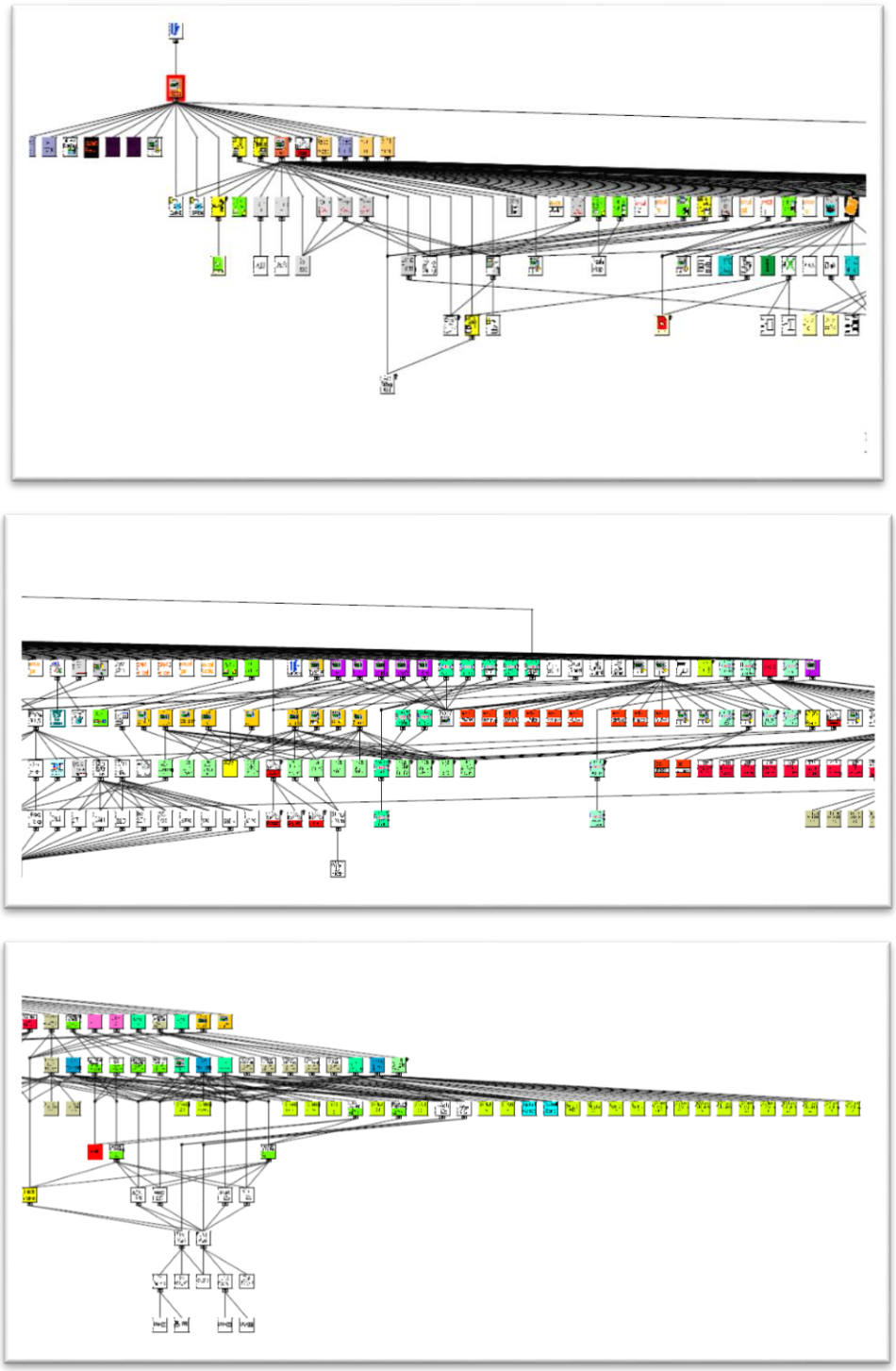


Figura 5.9: Jerarquía de VIs del subprograma principal "Measurement configuration".

El cuarto y último subprograma que compone nuestro SW de automedidas es el “Measurement Browser”. Como su nombre indica es el subprograma que nos sirve para visualizar los resultados del test que hemos llevado a cabo. Este programa se ejecuta automáticamente al acabar el test de medida o bien se puede llamar desde el programa principal para cargar los resultados de alguna medida anterior. Una vez dentro del programa, consta de una pantalla principal en la que podemos ver todos los resultados de los diferentes test para un determinado canal a un determinado nivel de RF. Podemos ir seleccionando los diferentes canales y/o niveles de RF para ver todos los resultados de la prueba por pantalla. A su vez dentro de este programa podemos llamar a la función de generación de informe del test. Si tecleamos la tecla “report” el programa nos da a elegir el formato en el que queremos generar nuestro informe (Word o Excel), nos permite asignarle un nombre e indicarle donde queremos guardar el documento. La pantalla principal de este programa la podemos ver a continuación, así como su jerarquía de VI asociada.

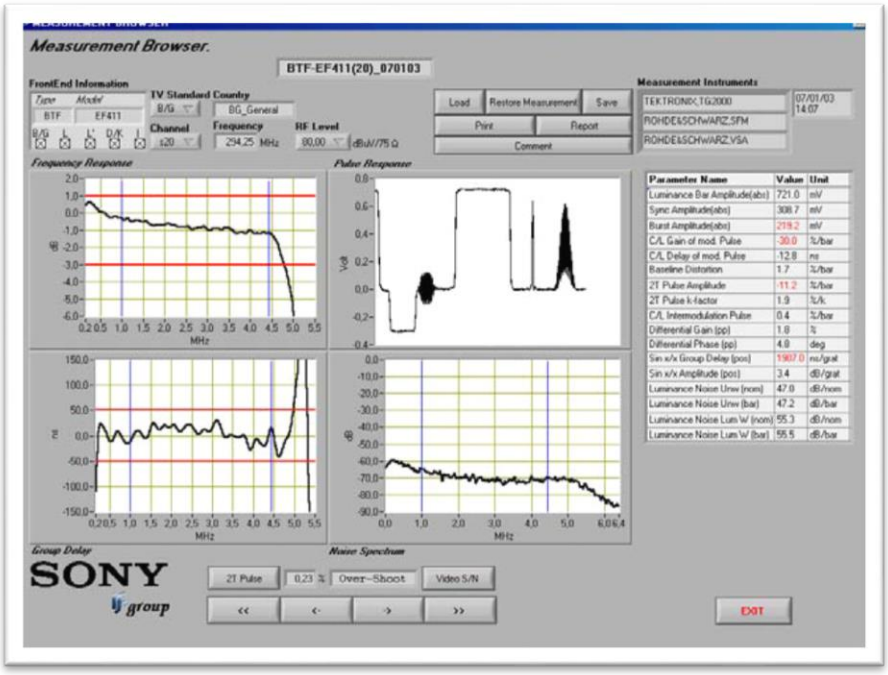


Figura 5.10: Front panel del subprograma “Measurement browser”.

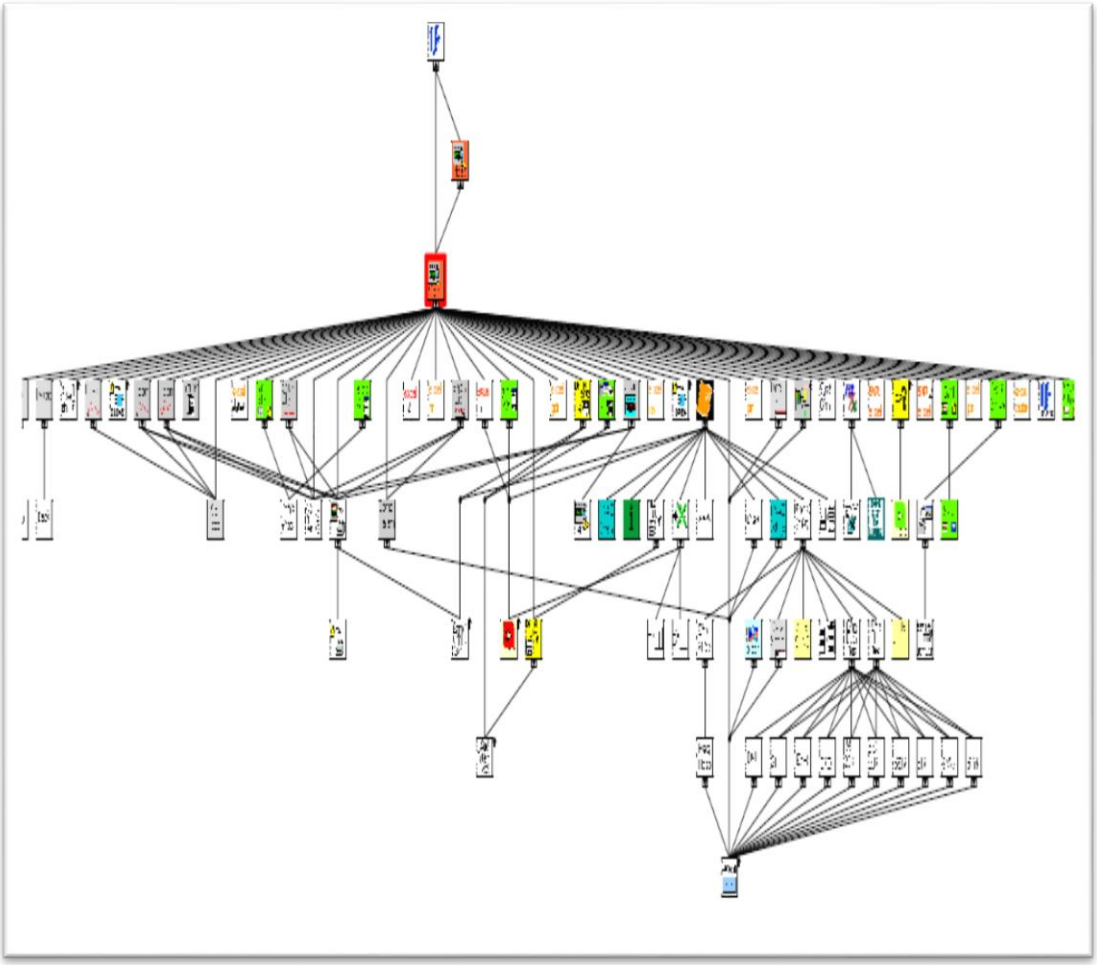
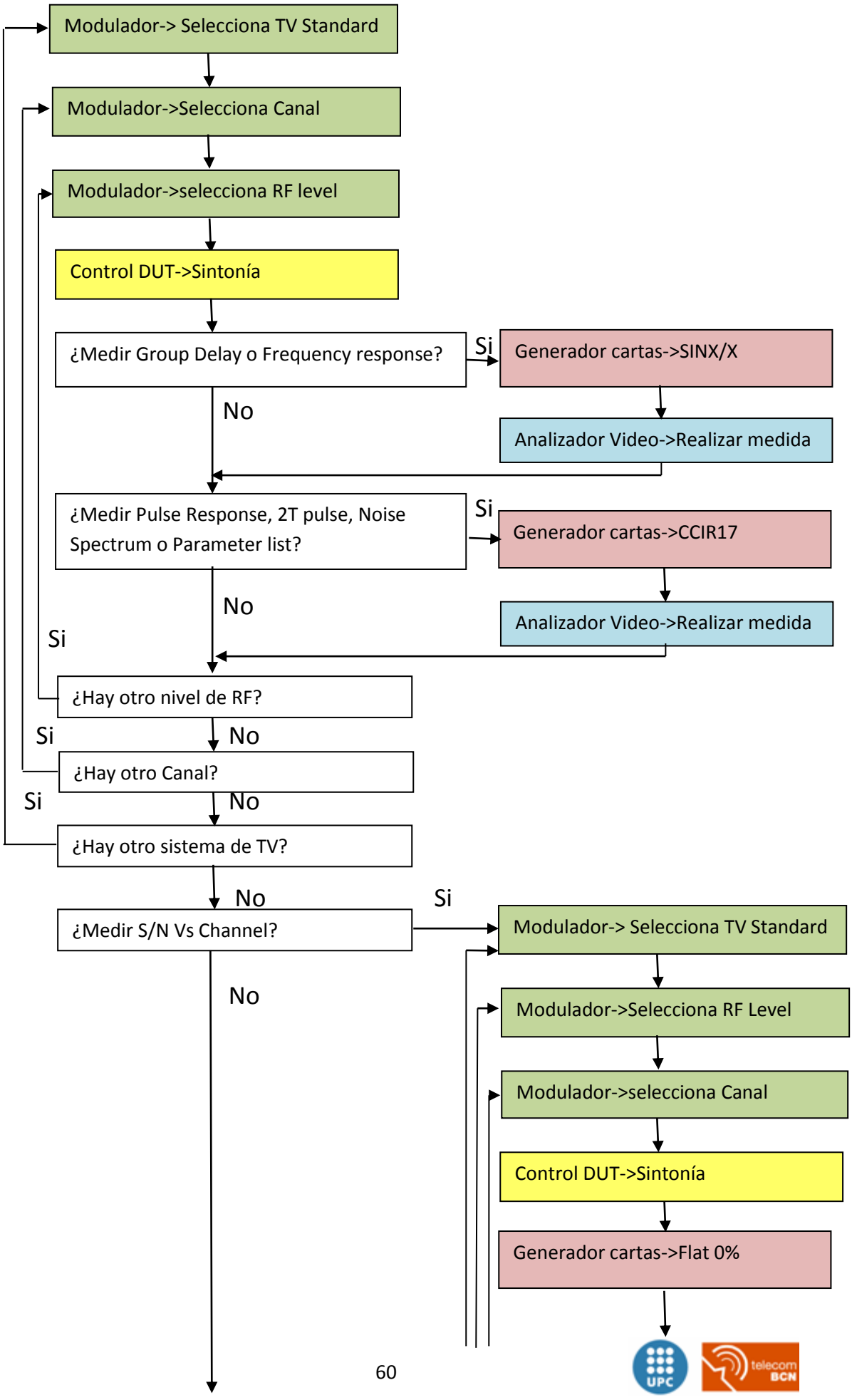


Figura 5.11: Jerarquía de VIs del subprograma "Measurment browser".

Por motivos obvios, no incluimos en esta memoria una jerarquía completa de los VI que componen nuestro programa, pero como se puede intuir está formado por alrededor de 500 sub-Vis con unos 9-10 niveles jerárquicos. Si se desea se puede consultar la jerarquía de Vis en el código fuente del programa.

Además de toda la estructura y jerarquía que conforman nuestro programa, creemos de importancia mostrar el algoritmo que sigue el subprograma principal, el encargado de realizar propiamente el test. En este algoritmo podemos ver como se llevan a cabo las diferentes medidas, como cambiamos de canal, nivel y sistema de TV y como se accede a los diferentes instrumentos para llevar a cabo un test completo.


Modulador-> Selecciona TV Standard
Modulador->Selecciona Canal
Modulador->selecciona RF level
Control DUT->Sintonía
¿Medir Group Delay o Frequency response?
Si
Generador cartas->SINX/X
Analizador Video->Realizar medida
No
¿Medir Pulse Response, 2T pulse, Noise Spectrum o Parameter list?
Si
Generador cartas->CCIR17
Analizador Video->Realizar medida
No
Si
¿Hay otro nivel de RF?
Si
No
¿Hay otro Canal?
Si
No
¿Hay otro sistema de TV?
No
Si
¿Medir S/N Vs Channel?
No
Modulador-> Selecciona TV Standard
Modulador->Selecciona RF Level
Modulador->selecciona Canal
Control DUT->Sintonía
Generador cartas->Flat 0%

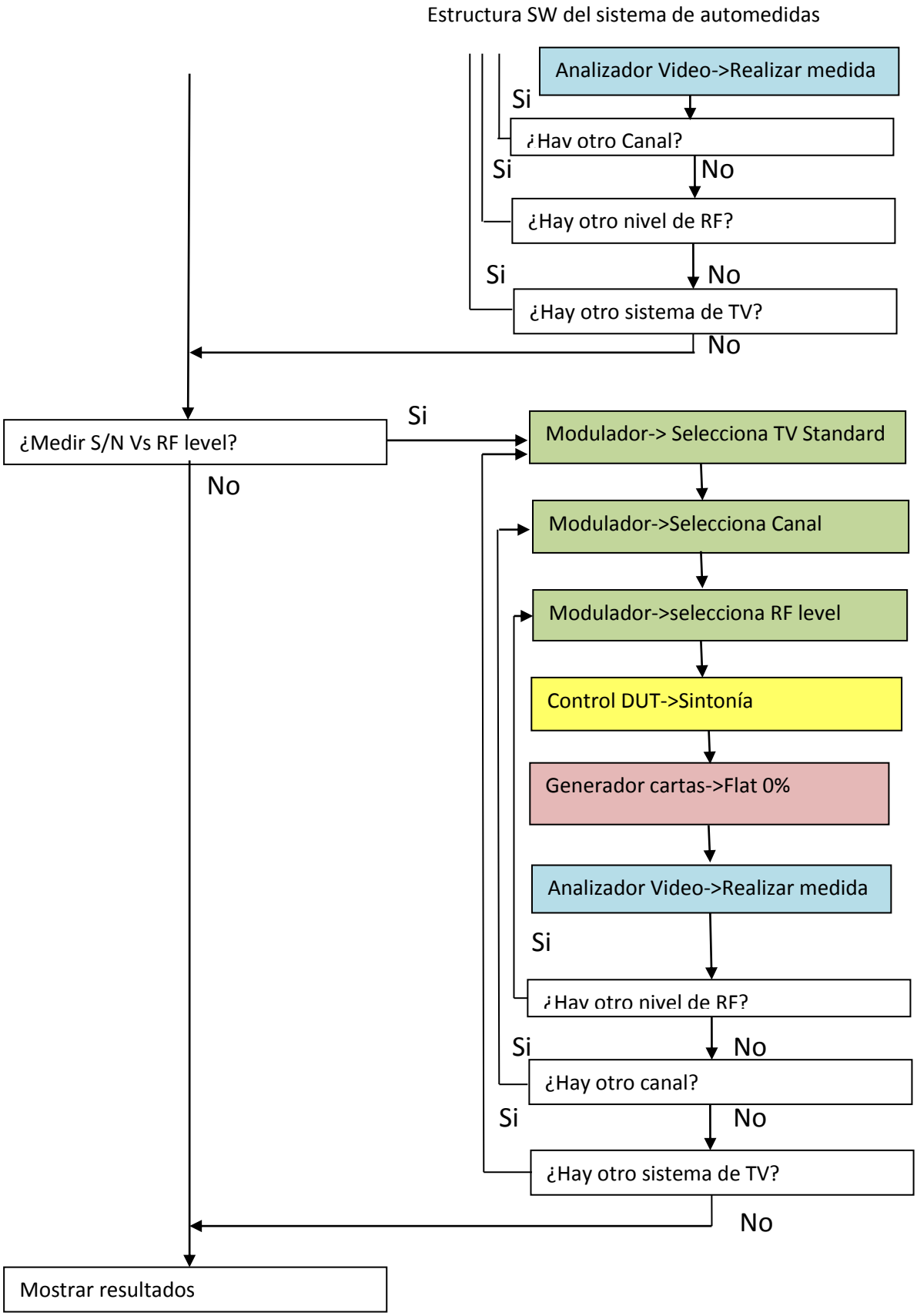


Figura 5.12: Algoritmo del programa de medidas.

6. Desarrollo de los nuevos objetivos para el sistema de automedidas.

Ahora que ya conocemos la estructura HW que disponemos en nuestro proyecto, así como la estructura SW y el lenguaje de programación a utilizar, es hora de empezar con el desarrollo de los subprogramas que integraremos a nuestro programa principal para llevar a cabo el mencionado proceso de mejora (en calidad y en tiempo), así como el proceso de adaptación a los equipos disponibles en el site de Japón.

En este capítulo desarrollaremos una explicación de los algoritmos y programas que hemos desarrollado en nuestro proyecto. No pretendemos explicar uno a uno los cientos de sub programas necesarios para que el proyecto este actualmente en funcionamiento, sino dar una explicación de las ideas utilizadas para llevarlos a cabo.

En primer lugar explicaremos todo el desarrollo relacionado con las nuevas tablas de canales, así como a la calibración de estos con la ayuda de la introducción de un analizador de espectro (mejora de calidad del sistema).

Seguiremos con la explicación del desarrollo de control del DUT (tuner) de manera automática (mejora del tiempo de medida). Este control remoto se podrá llevar a cabo de 2 maneras distintas como veremos posteriormente, en función de la necesidad o disponibilidad.

Un tercer apartado que desarrollaremos es la introducción de un nuevo analizador de video en nuestro sistema. Este nuevo analizador no nos aporta ninguna mejora en el sentido de calidad o tiempo de medida, simplemente nos aporta una adaptación al entorno de medida disponible en Japón, diferente al disponible en el site de Barcelona.

Para finalizar el capítulo daremos una explicación de cómo se ha introducido la generación automática de reports en Excel. Esto en si es una mejora tanto de calidad (no solo tenemos gráficas como hasta ahora, sino el valor de cada punto), como una ganancia de tiempo a la hora de comparar diferentes medidas (ahora se podrán juntar varios reports en un Excel y generar gráficas conjuntas). También será muy útil a los ingenieros

de R&D de Japón a la hora de comparar datos con los tuners standalone, puesto que disponen de estos resultados en reports de Excel.

6.1. Desarrollo de la calibración del sistema.

Para llevar a cabo una calibración del sistema para todos sus canales debemos realizar varias reformas. La primera de ellas afectará al subprograma "instruments configuration", para poder gestionar el hecho que a los actuales instrumentos, generador de video, modulador de RF y analizador de video, se añade un cuarto instrumento que es el analizador de espectro. Este programa tiene que ser capaz de autodetectar la presencia de un analizador de espectros, así como guardar la configuración del BUS para poder comunicarse con él.

La segunda reforma se llevará a cabo en dos partes dentro del subprograma "Measurement configuration", donde se deberán incorporar las diferentes tablas de canales de los diferentes sistemas de modulación general, como propiamente el proceso de calibrar los canales elegidos por el usuario para la medida.

El sistema tal como lo encontramos no disponía de calibración. Esto suponía indicar un nivel de RF al que se quería llevar a cabo la medida y poner exactamente ese nivel en el modulador. La salida del modulador es de tipo N a 50Ω, por lo tanto deberemos utilizar un adaptador de impedancia de 50Ω a 75Ω, así como un conversor de N a Antena. Aparte de las pérdidas de estos dos componentes hemos de tener en cuenta las pérdidas del cable de antena. Estas pérdidas no tienen por qué ser iguales para todas las frecuencias, así que nuestra propuesta es elegir exactamente que canales y de qué sistema de modulación se quieren realizar medidas para llevar a cabo la calibración de estos con la ayuda del analizador de espectro. Estos valores de calibración (sobre 6 o 7 dB dependiendo del setup) los guardaremos en un vector con la intención de aplicar esta corrección en dB antes de cada medida para cada uno de los diferentes canales.

El programa de automedidas analógico también carecía de la tabla propia de frecuencias para cada uno de los estándares de modulación analógica. Tan solo tenía la tabla de frecuencias para es estándar B/G y se modulaban estas frecuencias en el estándar escogido. Si bien en UHF estas frecuencias son comunes en todos los sistemas, excepto el M, en VHF no

es así, sobre todo en las frecuencias más bajas, cada sistema tiene sus propios canales o frecuencia.

A continuación explicaremos como hemos llevado a cabo la programación en LabView de todo este proceso de calibración y elección de frecuencias propias para cada sistema.

6.1.1. Autodetección del Analizador de espectros.

Para ser capaces de comunicarnos con el analizador de espectros el primer punto que tenemos que realizar es poder autodetectar en que puerto se encuentra este y cuál es la configuración de dicho puerto de comunicación. En nuestro caso hemos elegido uno de los modelos disponibles tanto en el site de Barcelona como en el de Japón, se trata de un Advantest R3261A. Cabe destacar que una vez adaptado el programa para funcionar con Analizador de espectro, es fácilmente ampliable a cualquier otro modelo de Analizador haciendo una analogía de los pasos que vamos a describir a continuación. Tan solo tendríamos que desarrollar los drivers propios del nuevo analizador.

El Advantest R3261A es un analizador de espectro que permite una comunicación con el PC a través de BUS GPIB. Por tanto cumple con la norma IEEE 488.2 y nos permitirá el uso de las funciones VISA de LabView para comunicarnos con él.

La función de autodetección de instrumentos se encuentra dentro del subprograma Instruments Configuration. Este subprograma permite guardar configuraciones de instrumentos, volver a cargarlas en el futuro o autodetectar que instrumentos hay actualmente a nuestra disposición, pudiendo guardar esta configuración de instrumentos para próximas medidas. En nuestro caso tendremos que adaptar todo el subprograma para que trabaje con 4 instrumentos y 4 configuraciones de puerto en vez de 3 como hasta ahora, pero esta parte no cabe remarcarla, nos centraremos en el proceso que nos permitirá autodetectar el analizador de espectro y la configuración del BUS de comunicaciones.

La primera función que utiliza el subprograma de autodetección de instrumentos es una función VISA llamada FIND, que nos permite saber

cuántos puertos de los que tenemos conectados al PC, ya sean SERIE, GPIB o VXI tienen un equipo conectado. Nos retornará un vector con todos los puertos disponibles que utilizaremos posteriormente, así como el número total de puertos con instrumentos que disponemos. A continuación mostramos esta función con sus entradas y salidas.

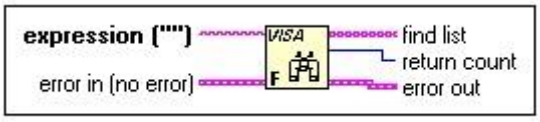


Figura 6.1: Función VISA Find de LabView.

En nuestro programa la utilizamos con la expresión de entrada "?*INSTR" que nos permite ver cuantos puertos, dando igual el tipo, tienen conectados instrumentos. Hay diferentes opciones para rastrear solo puertos series, solo GPIB o solo un número determinado de puertos. También hemos añadido una pequeña función para que en caso que la función falle nos salte un error y nos avise por pantalla que no ha funcionado correctamente. A continuación mostramos el código de nuestro programa.

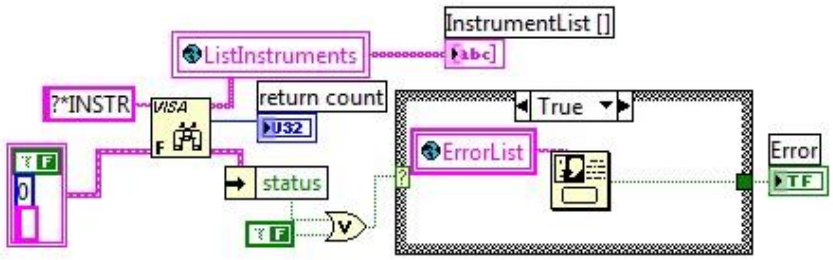


Figura 6.2: Diagrama de bloques de nuestra función de búsqueda de instrumentos.

El resultado de ejecutar este código sería un vector del tipo:

ASRL1::INSTR
ASRL10::INSTR
GPIB0::INTFC
GPIB0::1::INSTR
GPIB0::13::INSTR
GPIB0::18::INSTR
GPIB0::21::INSTR
GPIB0::28::INSTR

Y un contador = 8, para este ejemplo concreto.

En este ejemplo nos indica que ha encontrado 8 puertos con instrumentos, 2 series y 6 GPIB con sus respectivas direcciones.

A continuación nuestro código utiliza un bucle para ir preguntado a cada uno de estos puertos disponibles cual es el instrumento que está conectado a él. Gracias a la funciones visa OPEN, WRITE, READ y CLOSE de LabView, para cada uno de estos puertos le preguntaremos al equipo que se identifique. Lo primero que hacemos es abrir el puerto con la función OPEN, una vez abierto nos permite saber si es SERIE o GPIB. En el caso del analizador de espectro nos centramos en el desarrollo del código para GPIB. La mayoría de equipos GPIB se identifican respondiendo a la pregunta "*IDN?", como puede ser el SFM o el VSA que utiliza nuestro HW. En caso que no conteste nos devolverá error como es el caso que contemplamos a continuación con el Advantest R3261A. Lo que hemos hecho es añadir la pregunta "typ?" a la que responde nuestro Advantest solo en caso que falle la pregunta "*IDN?". Finalmente es importante cerrar cada uno de los puertos abiertos. A continuación mostramos el código de nuestro programa.

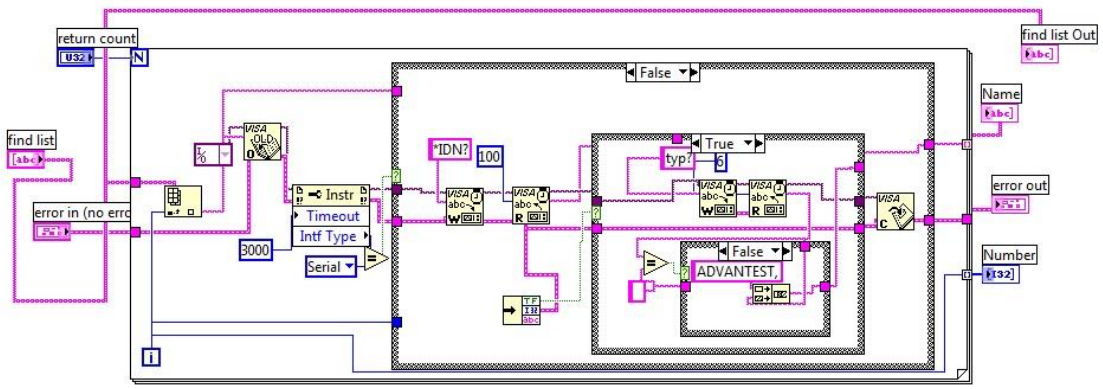


Figura 6.3: Diagrama de bloques de la función de búsqueda e identificación de instrumentos.

Siguiendo con el ejemplo anterior ahora tendríamos 2 vectores y un contador. En el nuevo vector tendríamos el nombre con el que ha respondido cada uno de los instrumentos conectado a cada uno de los puertos encontrados. Por ejemplo:

ASRL1::INSTR	TEKTRONIX, VM700
ASRL10::INSTR	
GPIB0::INTFC	

GPIB0::1::INSTR	TEKTRONIX, TG2000
GPIB0::13::INSTR	ROHDE&SCHWARZ, SFM
GPIB0::18::INSTR	ROHDE&SCHWARZ, VSA
GPIB0::21::INSTR	ROHDE&SCHWARZ, SFQ
GPIB0::28::INSTR	ADVANTEST, R3261A

Y un contador=8.

Para finalizar la autodetección hemos creado un subprograma que no expondremos el código por su longitud (disponible en el DVD del programa) pero que explicaremos a continuación como funciona. Para cada uno de los instrumentos encontrados los compara con un tabla de instrumentos fija que hemos creado y los cataloga según el tipo. Luego nos muestra por pantalla para cada tipo de equipo (analizador de video, modulador, generado de señal y analizador de espectro) cuantos ha encontrado de cada tipo y nos dejará utilizar el que creamos oportuno para realizar las medidas. También nos indicara que podemos medir sin calibrar si no encuentra ningún analizador de espectro o nos indicara que no podemos realizar medidas si le falta alguno de los equipos básicos de media.

Siguiendo el ejemplo anterior. Nos dejaría escoger un Tektronix TG2000 como generador de video, un R&S SFM como modulador, un Advantest R3261A como analizador de espectro y nos dejaría escoger entre un R&S VSA o un Tektronix VM700 como analizador de video. Obviamente al disponer de todos los equipos nos dejaría hacer medidas. Con los equipo que no encuentra en la lista, en el ejemplo en R&S SFQ, nos indicara un mensaje por pantalla para que asignemos manualmente a qué tipo de equipo se refiere o para descartarlo y que no vuelva al salir en el sistema si se trata como en este ejemplo de un modulador digital que no vamos a necesitar.

A continuación podemos ver a nivel de usuario como queda la pantalla de configuración de equipos que vamos a utilizar en nuestras medidas después de una autodetección automática. En este caso podemos ver que tanto el analizador de video como el generador se van a usar por puerto serie con su configuración, y el modulador con el analizador de espectro van a funcionar a través de diferentes direcciones del bus GPIB.

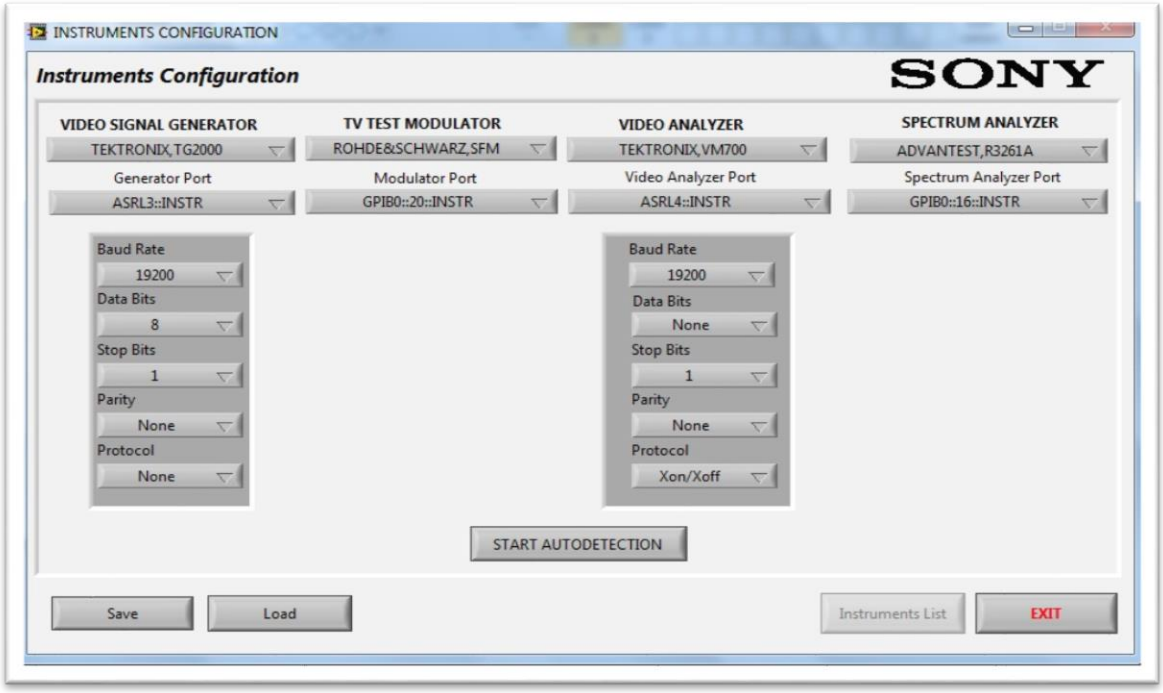


Figura 6.4: Front panel de búsqueda de instrumentos.

6.1.2. Nuevas tablas de canales adaptables para todos los sistemas de TV analógica.

Ahora que ya disponemos de un analizador de espectros dentro de nuestro sistema de medida con el que poder calibrar cada uno de los canales o frecuencias a medir, es hora de introducir un subprograma que nos permita elegir la tabla de frecuencias propia de cada uno de los sistemas de TV analógica que pretendemos medir: B/G, L, I, D/K o M. Estos cambios se llevaran a cabo dentro del subprograma que llamamos "Measurement configuration".

En este programa hasta ahora podíamos elegir cuales de las medidas de calidad de la señal queríamos testear, así como en que canales se quería llevar a cabo y a que niveles de RF se querían utilizar. El problema es que el subprograma que nos permitía elegir los canales disponía de un selector de sistema (B/G, I, L o D/K) y un selector de frecuencias que estaban cargadas por defecto y se correspondían con el sistema B/G. Nos encontrábamos por ejemplo que podíamos medir todos los canales de TV del sistema L, pero utilizando las frecuencias de B/G que no son exactamente las misma. Además carecía totalmente de la opción de utilizar el sistema M y las frecuencias de este.

Para solucionar este problema hemos utilizado un pequeño subprograma en el que hemos introducido como parámetros de entradas 5 matrices. Cada una de estas matrices corresponde a un sistema de TV analógica y dentro de cada una de ellas una columna con el nombre del canal y otra con la frecuencia correspondiente. Por pantalla simplemente vemos que se pregunta al usuario que sistema de TV va a medir y una vez seleccionado carga la tabla de frecuencias correcta en la matriz de salida. Esta matriz de salida con su correspondiente tabla de canales y frecuencias la cargamos donde antes se cargaba por defecto la del sistema B/G. Posteriormente el usuario podrá elegir cuales de los canales o frecuencia quiere medir, pero utilizando la tabla correcta.

A continuación exponemos la apariencia del programa por pantalla, así como la programación en LabView y la utilización de este módulo en el programa de "Measurement configuration".

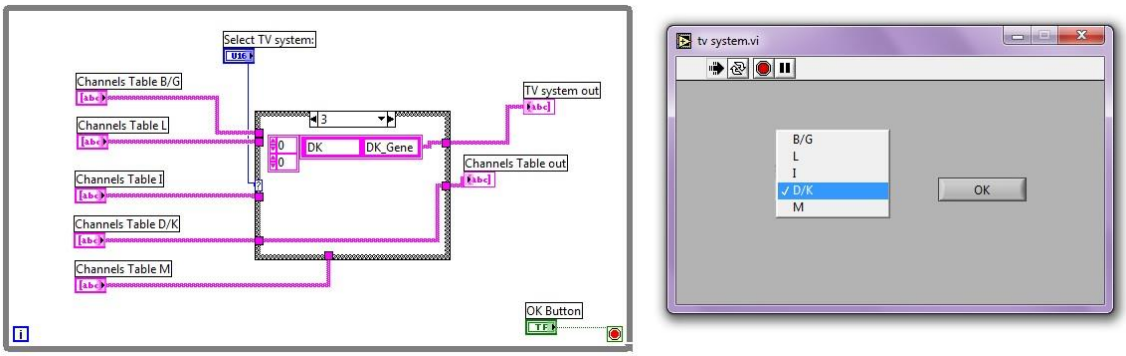


Figura 6.5: Diagrama de bloque y panel frontal del selector de tabla de canales en función del sistema.

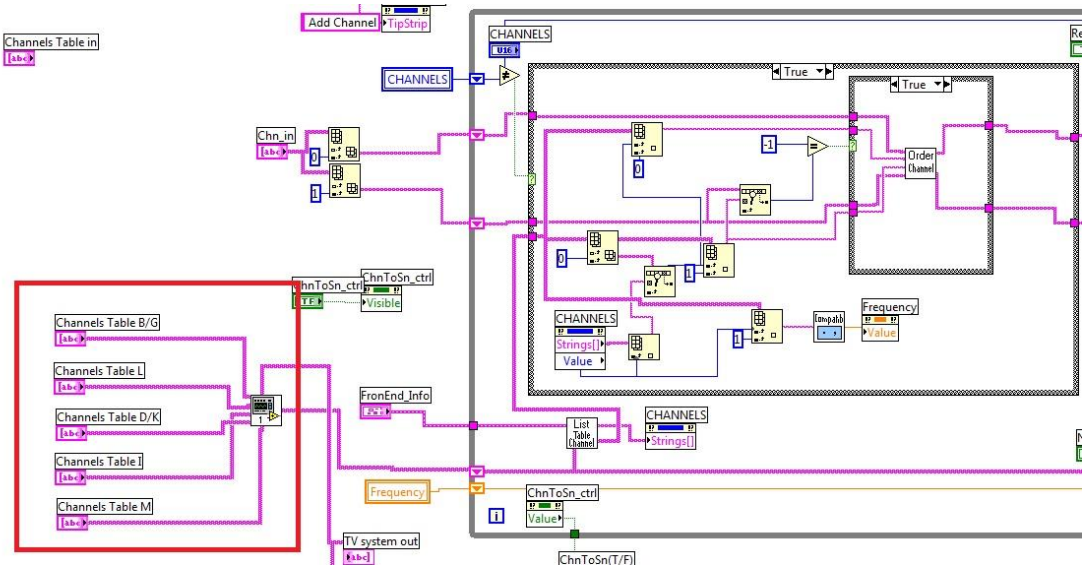


Figure 6.6: Diagrama de bloques del selector de canales a medir, donde hemos añadido nuestro selector de tablas.

También exponemos cada una de las listas de canales para cada sistema de modulación analógico donde se puede apreciar las diferentes frecuencias utilizadas.

Sistema B/G (freq en MHz)			
e1	45	e21	471,25
e2	48,25	e22	479,25
e3	55,25	e23	487,25
e4	62,25	e24	495,25
s1	105,25	e25	503,25
s2	112,25	e26	511,25
s3	119,25	e27	519,25
s4	126,25	e28	527,25
s5	133,25	e29	535,25
s6	140,25	e30	543,25
s7	147,25	e31	551,25
s8	154,25	e32	559,25
s9	161,25	e33	567,25
s10	168,25	e34	575,25
e5	175,25	e35	583,25
e6	182,25	e36	591,25
e7	189,25	e37	599,25
e8	196,25	e38	607,25
e9	203,25	e39	615,25
e10	210,25	e40	623,25
e11	217,25	e41	631,25
e12	224,25	e42	639,25
s11	231,25	e43	647,25
s12	238,25	e44	655,25
s13	245,25	e45	663,25
s14	252,25	e46	671,25
s15	259,25	e47	679,25
s16	266,25	e48	687,25
s17	273,25	e49	695,25
s18	280,25	e50	703,25
s19	287,25	e51	711,25
s20	294,25	e52	719,25
s21	303,25	e53	727,25
s22	311,25	e54	735,25
s23	319,25	e55	743,25
s24	327,25	e56	751,25
s25	335,25	e57	759,25
s26	343,25	e58	767,25
s27	351,25	e59	775,25
s28	359,25	e60	783,25
s29	367,25	e61	791,25
s30	375,25	e62	799,25
s31	383,25	e63	807,25
s32	391,25	e64	815,25
s33	399,25	e65	823,25
s34	407,25	e66	831,25
s35	415,25	e67	839,25
s36	423,25	e68	847,25
s37	431,25	e69	855,25
s38	439,25		
s39	447,25		
s40	455,25		
s41	463,25		

Sistema L (freq en MHz)			
e1	47,75	e21	471,25
e2	55,75	e22	479,25
e3	60,5	e23	487,25
e4	63,75	e24	495,25
s1	72	e25	503,25
s2	80	e26	511,25
s3	88	e27	519,25
s4	96	e28	527,25
s5	104	e29	535,25
s6	112	e30	543,25
s7	120	e31	551,25
s8	128	e32	559,25
s9	136	e33	567,25
s10	144	e34	575,25
s11	152	e35	583,25
s12	160	e36	591,25
s13	168	e37	599,25
e5	176	e38	607,25
e6	184	e39	615,25
e7	192	e40	623,25
e8	200	e41	631,25
e9	208	e42	639,25
e10	216	e43	647,25
s14	224	e44	655,25
s15	232	e45	663,25
s16	240	e46	671,25
s17	248	e47	679,25
s18	256	e48	687,25
s19	264	e49	695,25
s20	272	e50	703,25
s21	280	e51	711,25
s22	288	e52	719,25
s23	296	e53	727,25
s24	304	e54	735,25
s25	312	e55	743,25
s26	320	e56	751,25
s27	328	e57	759,25
s28	336	e58	767,25
s29	344	e59	775,25
s30	352	e60	783,25
s31	360	e61	791,25
s32	368	e62	799,25
s33	376	e63	807,25
s34	384	e64	815,25
s35	392	e65	823,25
s36	400	e66	831,25
s37	408	e67	839,25
s38	416	e68	847,25
s39	424	e69	855,25
s40	432		
s41	440		
s42	448		
s43	456		
s44	464		

Sistema I (freq en MHz)			
e1	45,75	e21	471,25
e2	53,75	e22	479,25
e3	61,75	e23	487,25
s42	69,25	e24	495,25
s43	76,25	e25	503,25
s44	83,25	e26	511,25
s45	90,25	e27	519,25
s46	97,25	e28	527,25
s1	105,25	e29	535,25
s2	112,25	e30	543,25
s3	119,25	e31	551,25
s4	126,25	e32	559,25
s5	133,25	e33	567,25
s6	140,25	e34	575,25
s7	147,25	e35	583,25
s8	154,25	e36	591,25
s9	161,25	e37	599,25
s10	168,25	e38	607,25
e4	175,25	e39	615,25
e5	183,25	e40	623,25
e6	191,25	e41	631,25
e7	199,25	e42	639,25
e8	207,25	e43	647,25
e9	215,25	e44	655,25
e10	223,25	e45	663,25
s11	231,25	e46	671,25
s12	238,25	e47	679,25
s13	245,25	e48	687,25
s14	252,25	e49	695,25
s15	259,25	e50	703,25
s16	266,25	e51	711,25
s17	273,25	e52	719,25
s18	280,25	e53	727,25
s19	287,25	e54	735,25
s20	294,25	e55	743,25
s21	303,25	e56	751,25
s22	311,25	e57	759,25
s23	319,25	e58	767,25
s24	327,25	e59	775,25
s25	335,25	e60	783,25
s26	343,25	e61	791,25
s27	351,25	e62	799,25
s28	359,25	e63	807,25
s29	367,25	e64	815,25
s30	375,25	e65	823,25
s31	383,25	e66	831,25
s32	391,25	e67	839,25
s33	399,25	e68	847,25
s34	407,25	e69	855,25
s35	415,25		
s36	423,25		
s37	431,25		
s38	439,25		
s39	447,25		
s40	455,25		
s41	463,25		

Sistema D/K (freq en MHz)			
e1	49,75	e21	471,25
e2	59,25	e22	479,25
e3	77,25	e23	487,25
e4	85,25	e24	495,25
e5	93,25	e25	503,25
s1	105,25	e26	511,25
s2	112,25	e27	519,25
s3	119,25	e28	527,25
s4	126,25	e29	535,25
s5	133,25	e30	543,25
s6	140,25	e31	551,25
s7	147,25	e32	559,25
s8	154,25	e33	567,25
s9	161,25	e34	575,25
s10	168,25	e35	583,25
e6	175,25	e36	591,25
e7	183,25	e37	599,25
e8	191,25	e38	607,25
e9	199,25	e39	615,25
e10	207,25	e40	623,25
e11	215,25	e41	631,25
e12	223,25	e42	639,25
s11	231,25	e43	647,25
s12	238,25	e44	655,25
s13	245,25	e45	663,25
s14	252,25	e46	671,25
s15	259,25	e47	679,25
s16	266,25	e48	687,25
s17	273,25	e49	695,25
s18	280,25	e50	703,25
s19	287,25	e51	711,25
s20	294,25	e52	719,25
s21	303,25	e53	727,25
s22	311,25	e54	735,25
s23	319,25	e55	743,25
s24	327,25	e56	751,25
s25	335,25	e57	759,25
s26	343,25	e58	767,25
s27	351,25	e59	775,25
s28	359,25	e60	783,25
s29	367,25	e61	791,25
s30	375,25	e62	799,25
s31	383,25	e63	807,25
s32	391,25	e64	815,25
s33	399,25	e65	823,25
s34	407,25	e66	831,25
s35	415,25	e67	839,25
s36	423,25	e68	847,25
s37	431,25	e69	855,25
s38	439,25		
s39	447,25		
s40	455,25		
s41	463,25		

Sistema M (freq en MHz)			
e2	55,25	s66	475,25
e3	61,25	s67	481,25
e4	67,25	s68	487,25
s1	73,25	s69	493,25
e5	77,25	s70	499,25
e6	83,25	s71	505,25
s95	91,25	s72	511,25
s96	97,25	s73	517,25
s97	103,25	s74	523,25
s98	109,25	s75	529,25
s99	115,25	s76	535,25
s14	121,25	s77	541,25
s15	127,25	s78	547,25
s16	133,25	s79	553,25
s17	139,25	s80	559,25
s18	145,25	s81	565,25
s19	151,25	s82	571,25
s20	157,25	s83	577,25
s21	163,25	s84	583,25
s22	169,25	s85	589,25
e7	175,25	s86	595,25
e8	181,25	s87	601,25
e9	187,25	s88	607,25
e10	193,25	s89	613,25
e11	199,25	s90	619,25
e12	205,25	s91	625,25
e13	211,25	s92	631,25
s23	217,25	s93	637,25
s24	223,25	s94	643,25
s25	229,25	s100	649,25
s26	235,25	s101	655,25
s27	241,25	s102	661,25
s28	247,25	s103	667,25
s29	253,25	s104	673,25
s30	259,25	s105	679,25
s31	265,25	s106	685,25
s32	271,25	s107	691,25
s33	277,25	s108	697,25
s34	283,25	s109	703,25
s35	289,25	s110	709,25
s36	295,25	s111	715,25
s37	301,25	s112	721,25
s38	307,25	s113	727,25
s39	313,25	s114	733,25
s40	319,25	s115	739,25
s41	325,25	s116	745,25
s42	331,25	s117	751,25
s43	337,25	s118	757,25
s44	343,25	s119	763,25
s45	349,25	s120	769,25
s46	355,25	s121	775,25
s47	361,25	s122	781,25
s48	367,25	s123	787,25
s49	373,25	s124	793,25
s50	379,25	s125	799,25
s51	385,25	s126	805,25
s52	391,25	s127	811,25
s53	397,25	s128	817,25
s54	403,25	s129	823,25
s55	409,25	s130	829,25
s56	415,25	s131	835,25
s57	421,25	s132	841,25
s58	427,25	s133	847,25
s59	433,25	s134	853,25
s60	439,25	s135	859,25
s61	445,25		
s62	451,25		
s63	457,25		
s64	463,25		
s65	469,25		

Figura 6.7: Tablas de canales de los diferentes sistemas de modulación analógicos.

Como hemos visto a parte de tener una tabla propia para cada sistema de modulación cosa que no teníamos anteriormente, hay un nuevo sistema de modulación, el M. Esto nos implicará unas revisiones menores de los drivers del modulador para permitir modular en este nuevo sistema y unas pequeñas modificaciones en el SW que realiza propiamente las medidas. Son cambios menores que no analizaremos en profundidad pero dejamos constancia de su modificación para el correcto funcionamiento del nuevo sistema de modulación analógica introducido a nuestro SW de automedidas.

6.1.3. Calibración del sistema.

Una vez tenemos los canales y sistema de modulación que queremos testear en nuestra DUT seleccionados, si el programa previamente ha detectado la presencia de un analizador de espectro nos preguntará por pantalla antes de realizar las medidas si deseamos calibrar el sistema. Si deseamos calibrarlo nos aparecerá un siguiente mensaje donde nos recordará que la señal de salida del modulador debe estar conectada al analizador de espectro, ya que por defecto suele estar conectada al DUT. A continuación mostramos ambas pantallas.

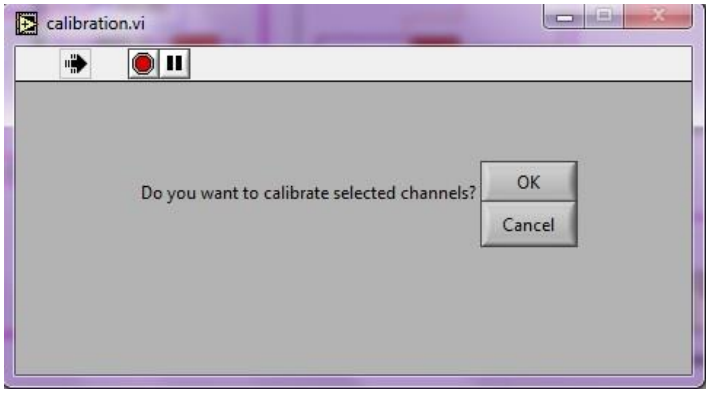


Figura 6.8: Panel frontal del calibrador.

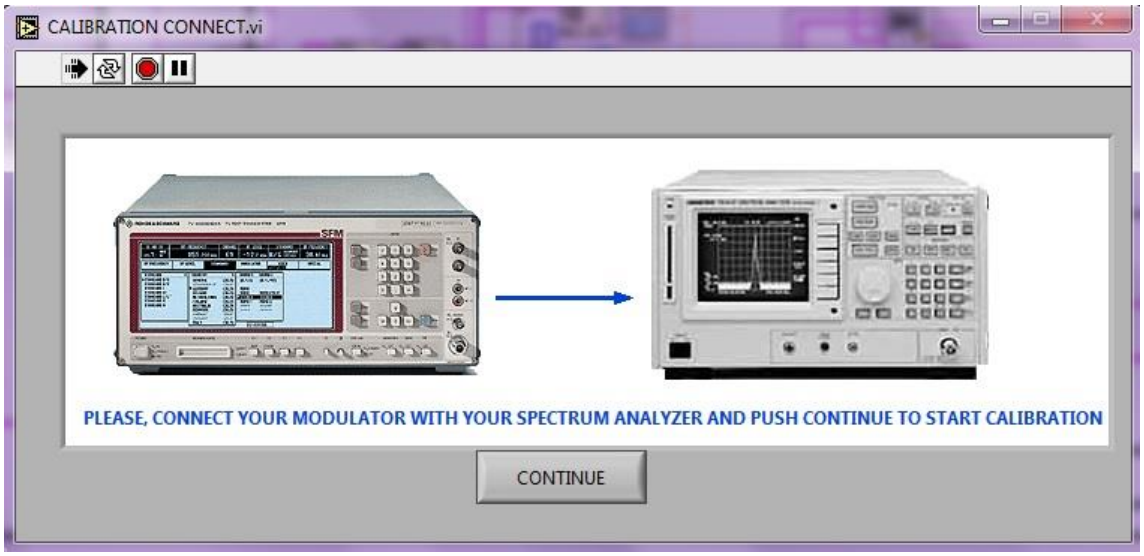
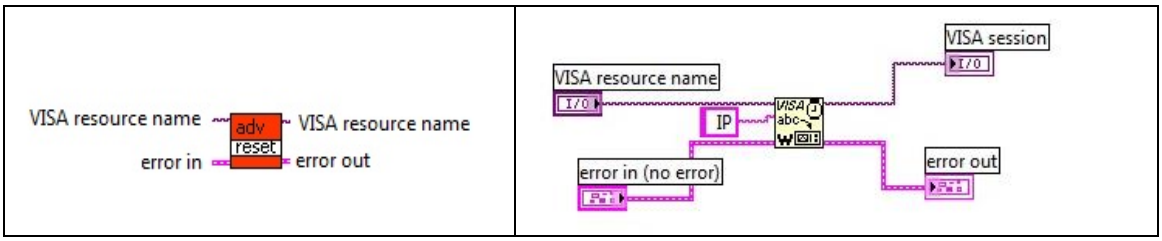


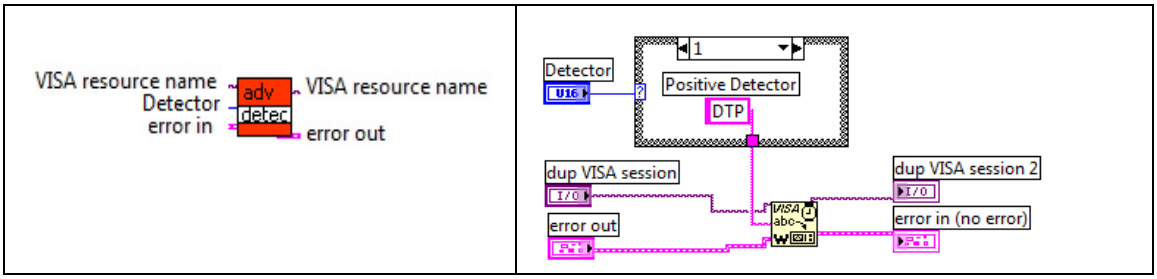
Figura 6.9: Panel frontal auxiliar del calibrador donde nos indica el setup a utilizar.

Para poder calibrar cada uno de los canales el primer paso es generarnos unos drivers que nos permitan controlar las funciones principales de nuestro analizador de espectro. Para generar los drivers nos ayudamos de las funciones VISA de LabView. En nuestro caso hemos generado los siguientes drivers:

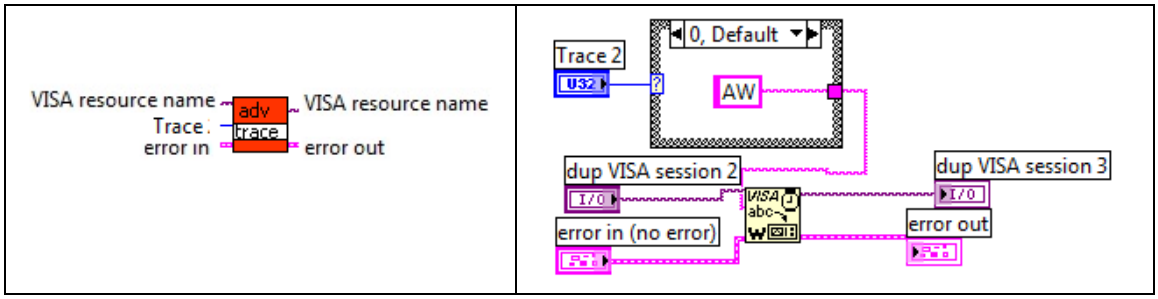
- Reset: Esta función resetea el analizador de espectro para ponerlo en un estado conocido.



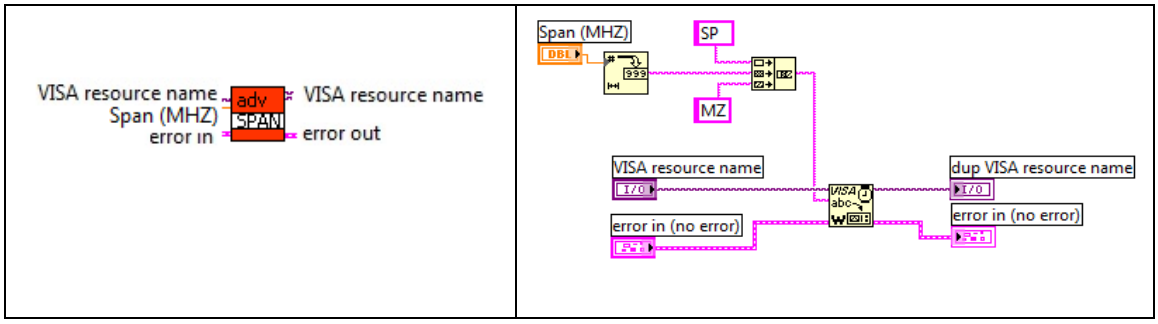
- Detect: Esta función nos permite cambiar entre normal, positive, negative o sample detector en función de una variable de entrada.



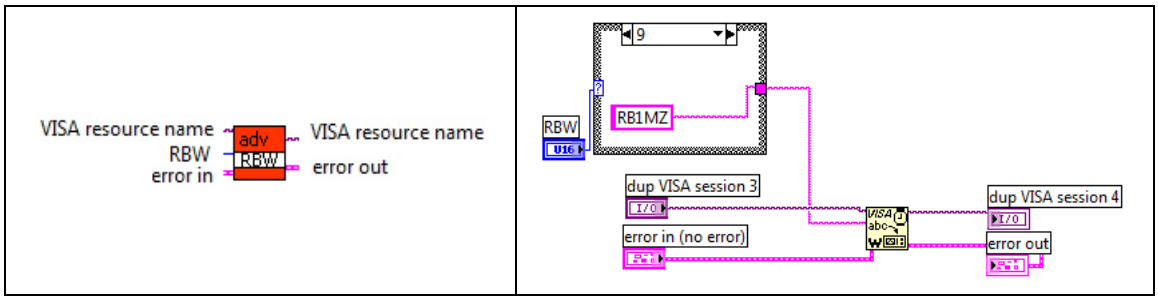
- Trace: Esta función nos permite variar el trace mode entre Write, View, Min Hold, Max Hold o Average en función de una variable de entrada.



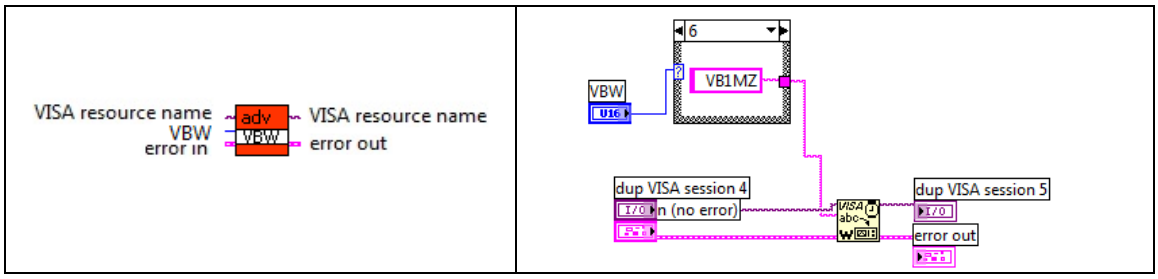
- SPAN: Esta función nos permite configurar el SPAN del analizador de espectro en función de una entrada numérica que corresponderá al SPAN deseado en MHz.



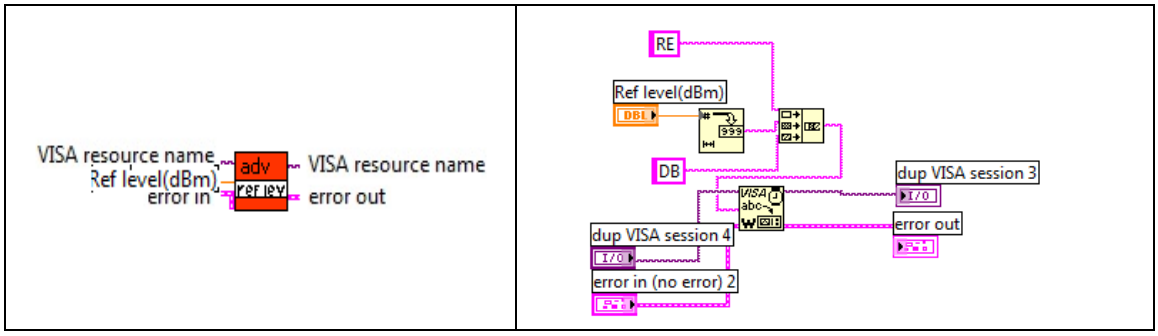
- RBW: Esta función nos permite elegir entre la siguiente lista de anchos de banda de resolución (30Hz, 100Hz, 300Hz, 1kHz, 3kHz, 10kHz, 30kHz, 100kHz, 300kHz o 1MHz) en función de una variable de entrada.



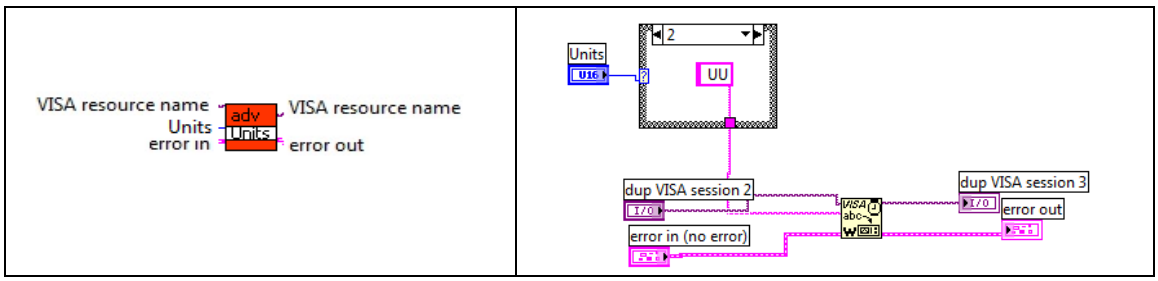
- VBW: Esta función nos permite elegir entre la siguiente lista de anchos de banda de video (1Hz, 10Hz, 100Hz, 1kHz, 10kHz, 100KHz o 1MHz) en función de una variable de entrada.



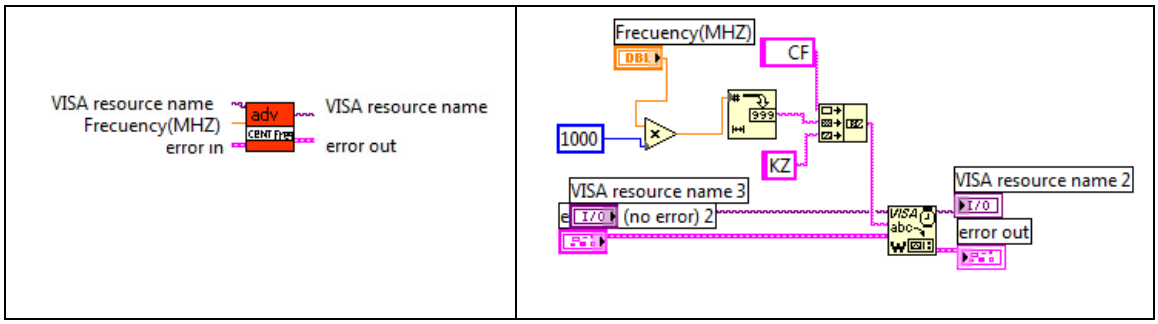
- Ref Level: Esta función nos permite elegir el nivel de referencia en función de una entrada numérica que corresponde al nivel deseado en dBm.



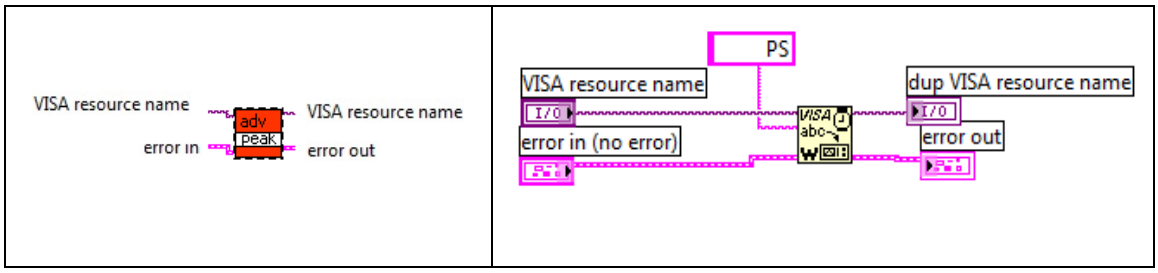
- Unit: Esta función nos permite elegir entre las siguientes unidades (dBm, dBmV, dBuV, dBuV EMF o dBpW) en función de una variable de entrada.



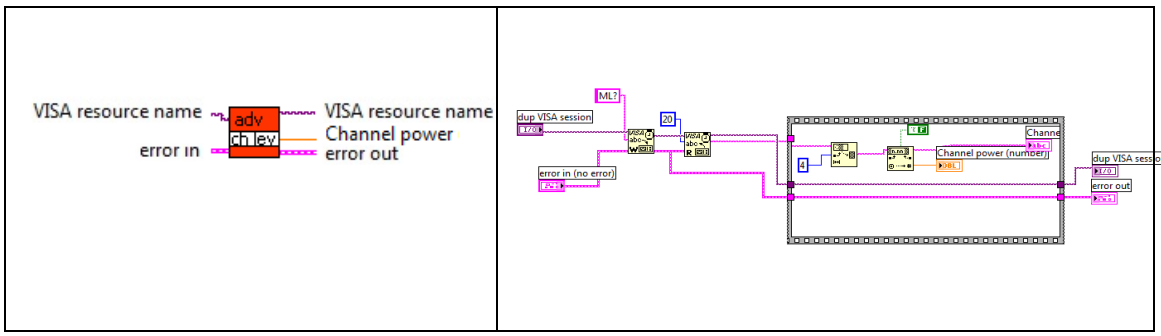
- Center frequency: Esta función nos permite elegir la frecuencia central de nuestro analizador de espectro en función de una entrada numérica que corresponde a la frecuencia deseada en MHz.



- Peak: Esta función nos permite colocar el punto de medida o marker en el valor de potencia más alto visible en la pantalla.



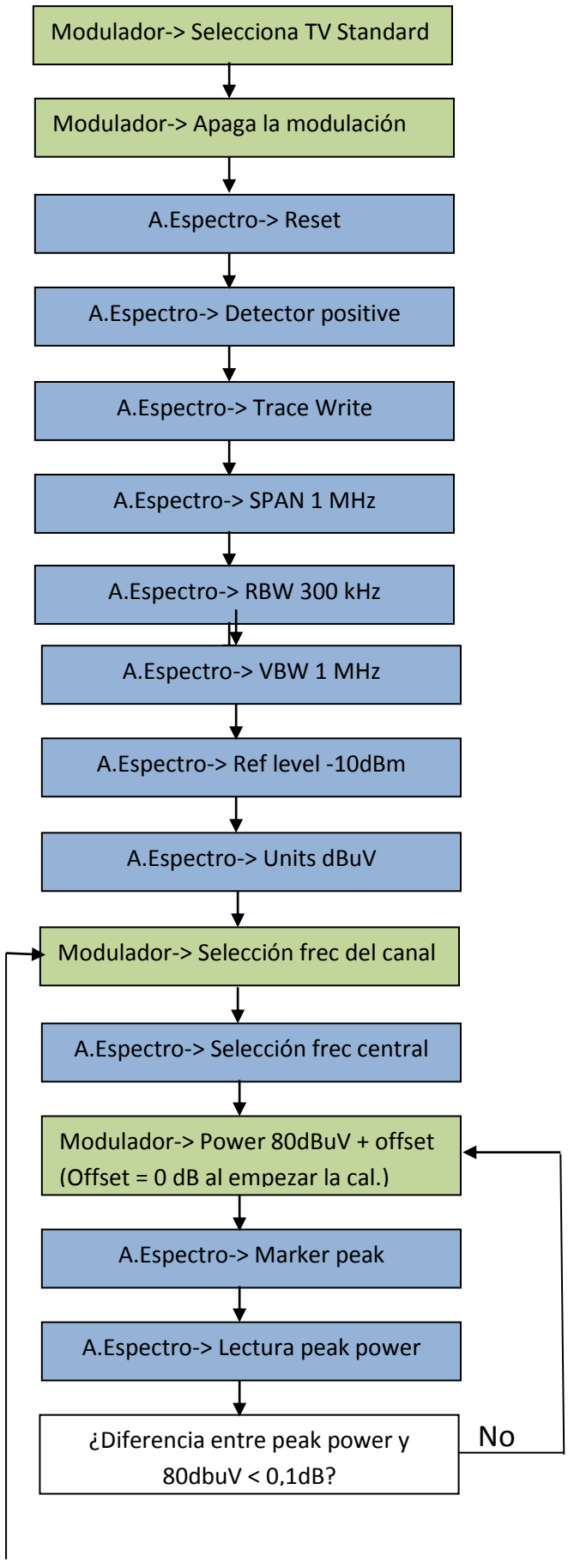
- Ch level: Esta función nos permite leer el nivel de potencia en el punto donde hemos colocado el marker. El nivel leído lo devolvemos en una variable numérica en dBuV.



Una vez generados los drivers, realizaremos varios subprogramas que nos permitan calibrar cada uno de los canales. Una vez calibrados guardaremos el valor de calibración en dB en una matriz junto a la frecuencia del canal para que posteriormente cada vez que utilicemos dicho canal, les sumemos el offset correspondiente.

El proceso de calibración automático sigue el algoritmo que mostraremos a continuación. Cabe destacar que calibramos el canal en un punto medio de potencia (80 dBuv) y que si por algún motivo superamos el nivel máximo que puede dar el SFM (113dBuV), cosa que

no debería ocurrir con un setup correcto, nos aparecerá una pantalla de aviso que nos recomienda revisar el setup de medidas.



Offset= Diferencia entre Peak power y 80dBuV.

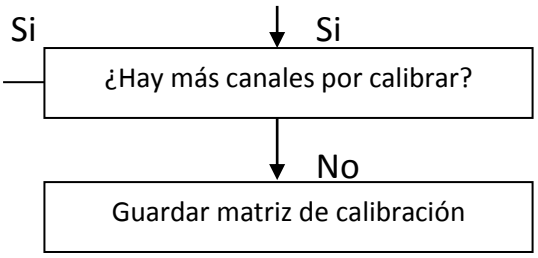


Figura 6.10: Algoritmo de calibración de canales.

Como podemos extraer del algoritmo de medida calibramos el sistema de tal forma que veamos en el analizador de espectro entre 79,9 dBuV y 80,1 dBuV. Una vez esto ocurre el offset que guardamos es la diferencia de nivel que hay en el modulador respecto los 80dBuV teóricos que debería haber.

A continuación mostramos unos pantallazos del código de programación. El primero corresponde al setup de ambos equipos y el segundo al algoritmo que busca el nivel de calibración deseado. Para ver todas las opciones y bucles que no es posible representar gráficamente en esta memoria, adjuntamos el código fuente en un DVD.

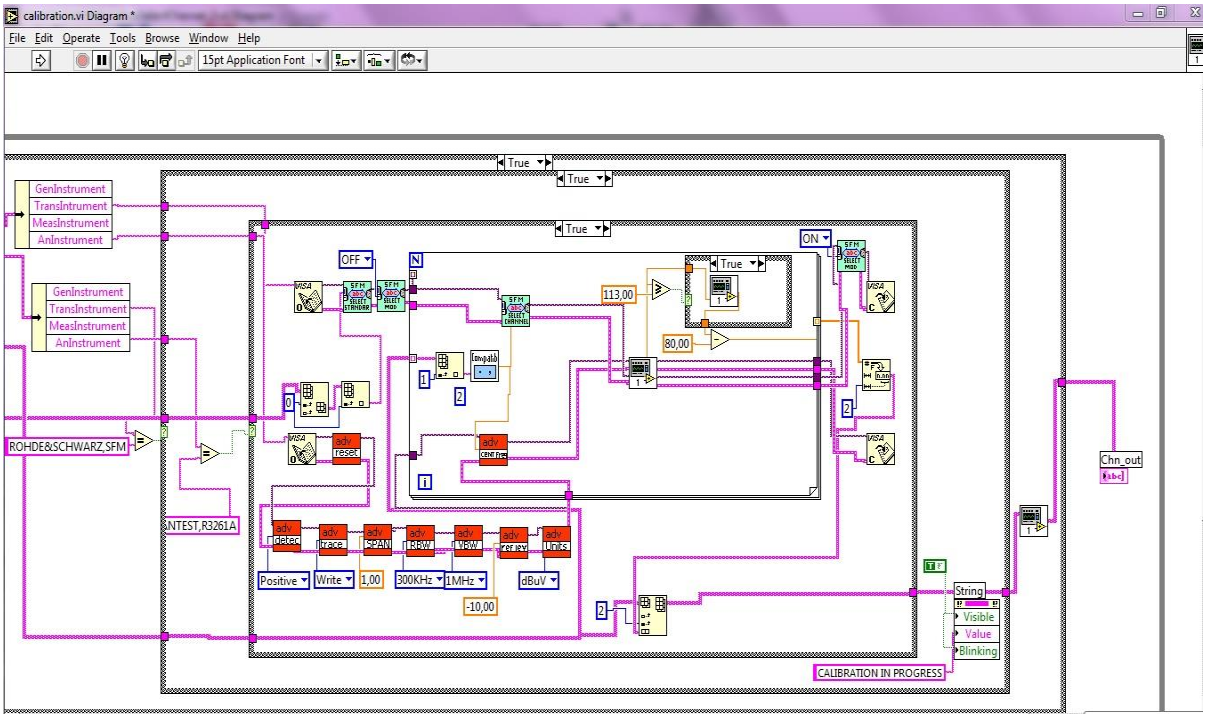


Figura 6.11: Diagrama de bloques del setup de equipos para la calibración de canales.

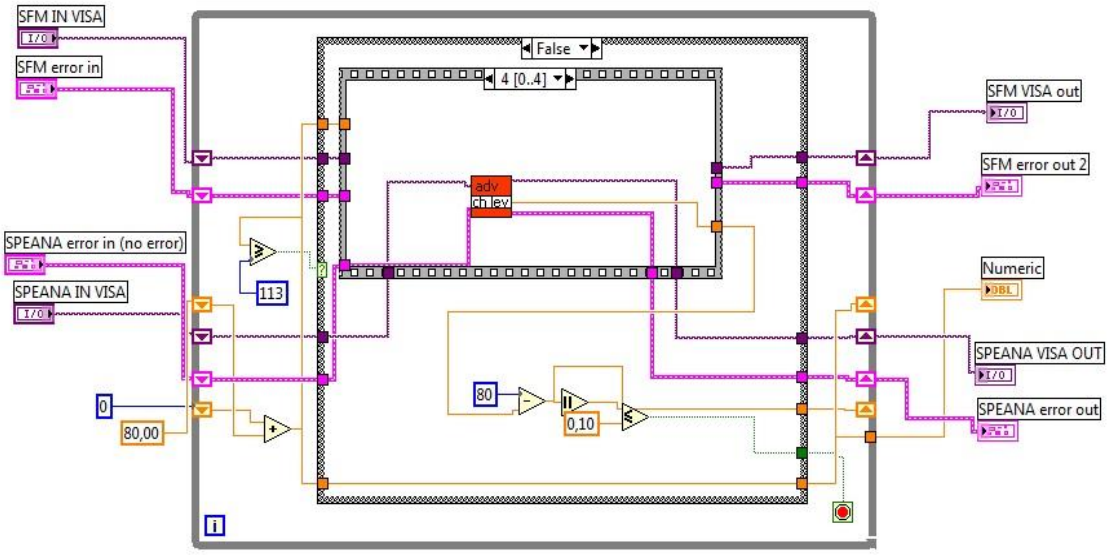


Figura 6.12: Diagrama de bloques del algoritmo de calibración.

Finalmente decir que antes de iniciar las medidas una nueva pantalla nos aparece recordándonos desconectar la señal de RF del analizador de espectro y que debemos conectarla al DUT

6.2. Desarrollo del control automático de la TV.

Para poder controlar automáticamente nuestra TV debemos incorporar varios subprogramas en nuestro entorno LabView que podemos dividir en 2 grandes bloques.

El primer bloque se engloba dentro del subprograma "Advanced Configuration", donde hemos creado una nueva pestaña para el control de TV. Esta pestaña no es más que un selector donde nos pregunta cómo queremos controlar la TV, mediante RedRat, mediante ECS commands o manualmente como hemos hecho hasta ahora, por si no disponemos de ningún método de control de la TV podamos llevar a cabo igualmente los test. En este bloque es donde configuraremos los equipos de control de la TV. Una vez seleccionado un método de control, antes de abandonar este subprograma para ir a realizar las medidas, se nos abrirá un subprograma propio según el método elegido donde configuraremos el RedRat o el puerto de control de las ECS commands como veremos más en profundidad para cada uno de los métodos mencionados anteriormente.

El segundo bloque se engloba dentro del subprograma principal, el que realiza propiamente la configuración de las medidas y las medidas en sí. Dentro de este bloque cada vez que deseemos cambiar de canal para efectuar medidas en otra frecuencia, entraremos dentro de un subprograma dónde detectaremos que método de control de TV se ha elegido y procederemos a enviar las ordenes adecuadas para sintonizar el siguiente canal de la lista de canales a medir seleccionados por el usuario.

6.2.1. Control de la TV mediante comandos SIRCS: Control del RedRat.

El primer método de control de TV que hemos introducido es mediante un aparato capaz de capturar y enviar comandos infrarrojos, iguales que los que emite un mando a distancia de TV, llamado RedRat. Este aparato se conecta a nuestro PC mediante el puerto USB y lo controlamos mediante LabView. La ventaja de este sistema de control es que lo podemos utilizar en cualquier TV, ya bien sea Sony o de la competencia, puesto que solo necesitamos tener disponible el mando a distancia para entrenar nuestro RedRat.

Si seleccionamos como método de control de TV el RedRat, cuando abandonamos el subprograma de "Advanced Configuration", automáticamente nos aparece una pantalla para que configuremos nuestro dispositivo RedRat. La interfaz de usuario de esta pantalla la podemos ver a continuación.

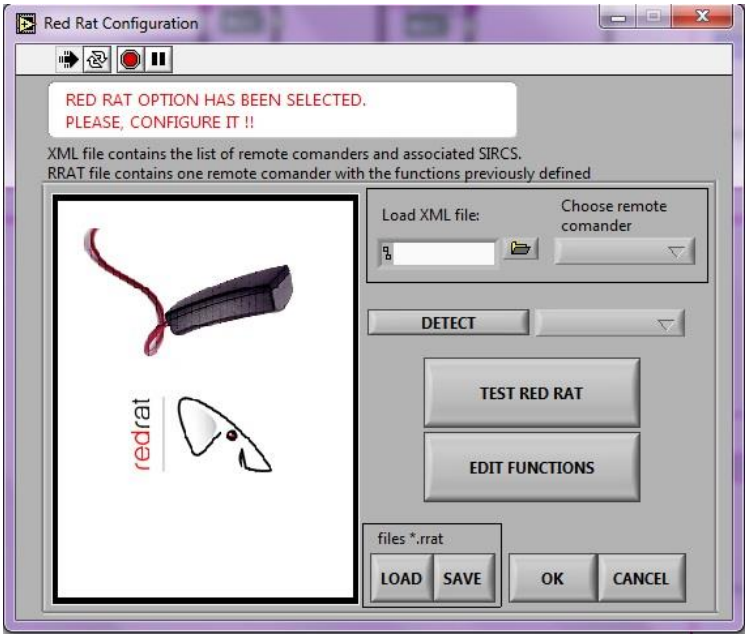


Figura 6.13: Panel frontal de configuración del control remoto mediante RedRat.

En esta pantalla tenemos todas las opciones necesarias para dejar configurado nuestro RedRat. Disponemos de un botón capaz de detectar si realmente tenemos conectado un RedRat a algunos de los puertos de nuestro PC. Tenemos una ventana donde nos permite cargar cualquier archivo XML que previamente hayamos generado. Estos archivos XML se generan mediante un SW que viene con el RedRat y no son más que unas bases de datos donde podemos guardar los comandos de IR que emite cada uno de los botones de nuestro mando a distancia. Un archivo XML puede tener más de un mando a distancia guardado, con todos los SIRCS de cada mando disponibles. Es por eso que una vez carguemos en LabView nuestro XML file, tenemos un botón desplegable que nos dejará escoger el mando a distancia (marca y modelo) que deseamos utilizar en nuestro test. También disponemos de un cargador de archivo RRAT, estos archivos que podemos cargar o podemos generar en el momento, son diferentes secuencias de comandos IR con sus respectivas pausas necesarias para llevar a cabo un proceso en nuestra TV, como puede ser una sintonía. Dentro de un archivo RRAT puede haber muchas secuencias diferentes y cada una la podemos etiquetar con un nombre diferente. Podemos generar secuencias que nos permitan hacer un autotuning si no tenemos nada grabado en la memoria de la TV o podemos generar secuencias para realizar un manual tuning, o simplemente enviar comandos simples de cambio de canal si previamente los hemos grabado en nuestra TV los canales a medir. Si deseamos generar nuevas secuencias o modificar algunas de las disponibles en nuestro archivo RRAT nos aparece la siguiente interfaz de usuario que nos permite generar secuencias de comandos SIRCS, testarlos y posteriormente guardarlos como archivos RRAT.

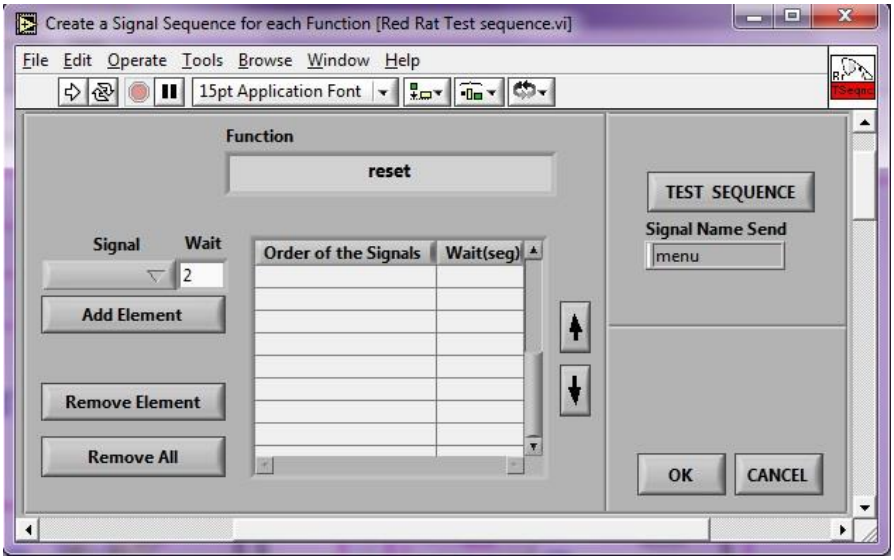


Figura 6.14: Panel frontal del programa generador de secuencias de I.R. para enviar por el RedRat.

Finalmente para salir del configurador del RedRat bastará con apretar el botón OK si queremos realizar las medidas con él, o Exit si finalmente nos decidimos por otro sistema.

Esto es en cuanto a interfaz de usuario se refiere, pero para que todo esto funcione necesitamos comunicarnos con nuestro RedRat a través de LabView. Para comunicarnos con RedRat, igual que hemos visto con el analizador de espectro, hemos creado unos drivers. Esta vez como no se trata de un equipo compatible con la norma IEEE 488.2 no nos podemos ayudar de las funciones VISA de LabView, y nos hemos visto obligados a utilizar la opción de "Active X" y las DLL de RedRat. Active X nos permite reutilizar código que previamente han programado la gente de RedRat. En este sentido LabView funcionara como master que corre un código slave escrito en otro lenguaje de programación. Con esta ayuda accederemos a diferentes programas que nos facilitan los programadores de RedRat y con los que conseguimos detectar el instrumento e inicializarlo, cargar base de datos XML con diferentes SIRCS y finalmente un driver que nos permite enviar un comando SIRCS de una base de datos de SIRCS previamente seleccionada. A continuación podemos ver estos 3 drivers básicos para comunicarnos con el RedRat.

RedRat init. Nos permite buscar cuantos RedRat hay conectados a nuestro PC, nos indica cómo se llamará cada uno de ellos y nos permite abrir comunicación con ellos, sería como gestionar el puerto de comunicación con el RedRat.

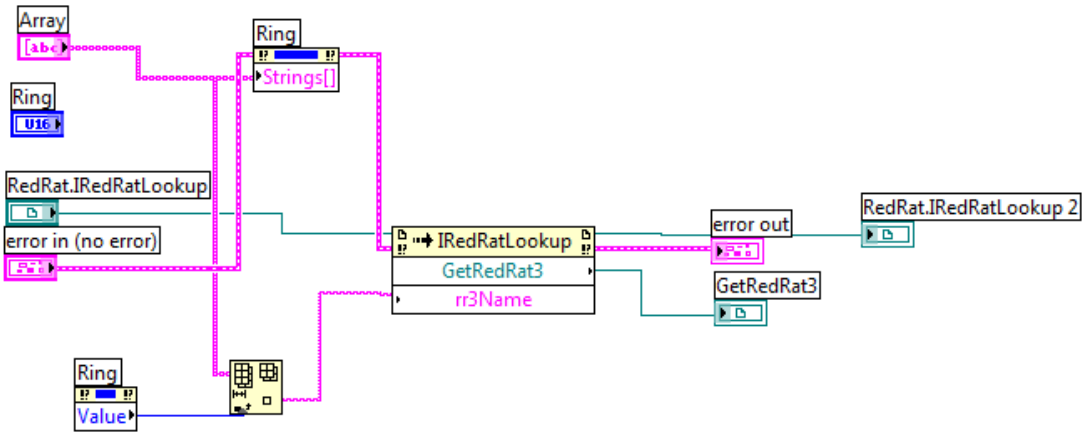


Figura 6.15: Diagrama de bloques del driver de identificación del RedRat.

RedRat signal Database. Nos permite abrir archivos del tipo XML donde tenemos guardados los diferentes comandos infrarrojos.

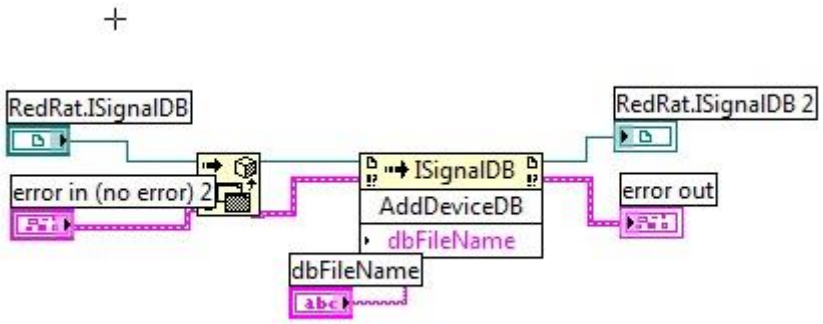


Figura 6.16: Diagrama de bloques del driver para cargar ficheros XML de RedRat.

RedRat Send Signal. Este driver nos permite buscar los RedRat conectados, inicializarlo, cargar un archivo XML, seleccionar un SIRCS de los disponibles en el archivo XML y enviarlo a la TV como si se tratase de un mando a distancia.

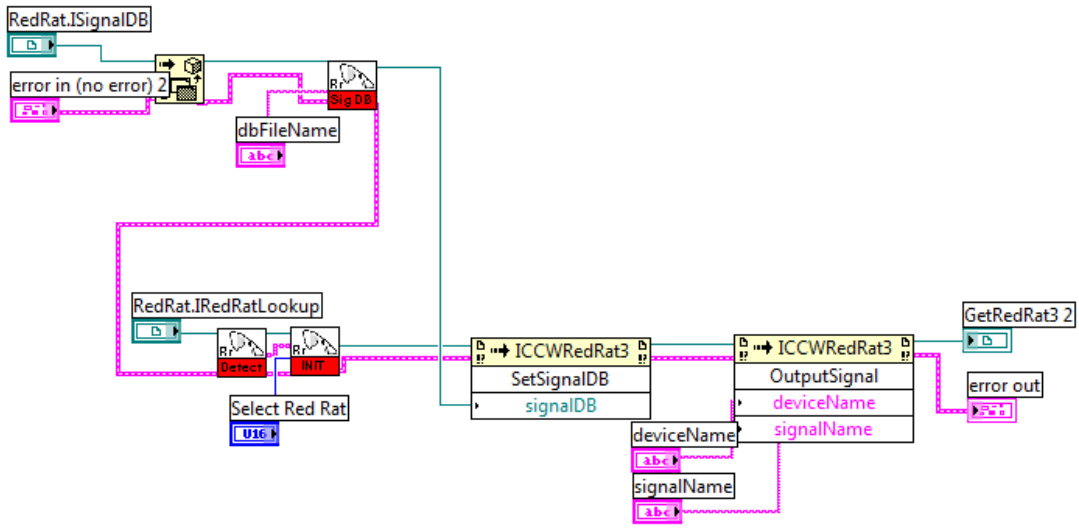


Figura 6.17: Diagrama de bloques del driver para enviar una señal I.R. con el RedRat.

A partir de estos 3 drivers más básicos se han creado unos programas más complejos para el control total del RedRat, no expondremos el código de todos ellos puesto que están disponibles en el DVD que incluye el código fuente del programa. Por ejemplo hemos generado secuenciadores de comandos de infrarrojos, cargadores de base de datos XML, testeadores de secuencias etc. Todo lo necesario para poder generar la interfaz de usuario que hemos visto al inicio de este apartado.

Para finalizar este apartado de configuración general del RedRat incluimos un pantallazo del código de programación de la interfaz de usuario. Cabe destacar que esta programación se ha realizado por eventos, mucho más eficiente con la RAM de nuestro PC que el clásico bucle de espera por activación de un botón del front panel. Para cada evento utilizará algunas de las funciones de comunicación que hemos creado anteriormente y dentro de estas obviamente encontraremos los drivers que hemos descrito.

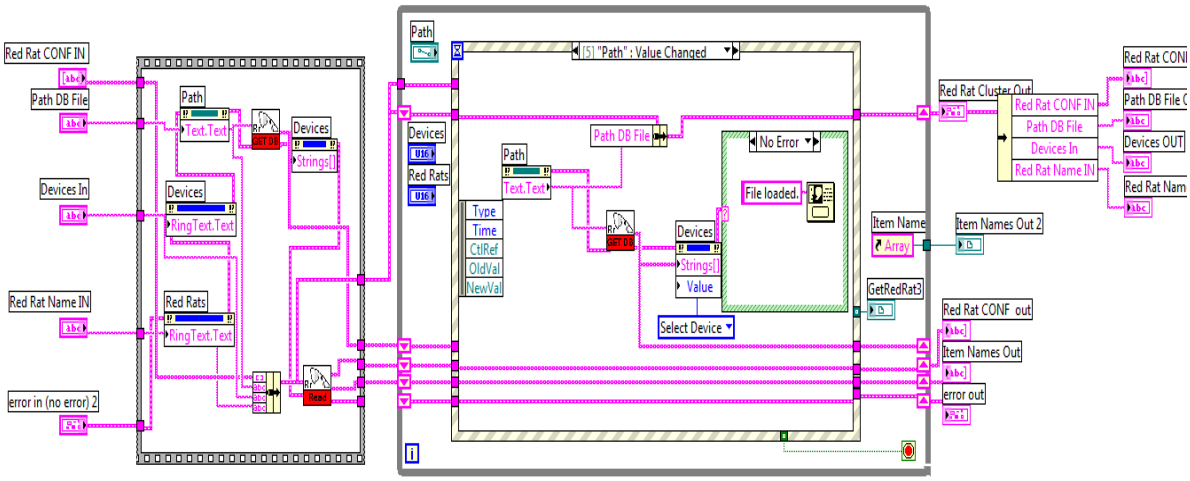


Figura 6.18: Diagrama de bloques del configurador del RedRat para el control del TV.

Una vez que tenemos el RedRat configurado es hora de comentar como lo utilizamos dentro del programa de medidas. Este programa que nos permite elegir canales, potencias y medidas le pasamos una variable en la que le indicamos que hemos elegido controlar la TV por RedRat. Una vez lanzamos nuestro test, nos preguntará una única vez que secuencia de RedRat queremos utilizar de nuestro archivo RRAT. Posteriormente cada vez que el programa realiza un cambio de frecuencia ejecutará esta secuencia de manera automática. La pantalla de selección de secuencia la mostramos a continuación, obviamente la programación está basada en los mismos drivers descritos anteriormente para el control y configuración del RedRat.

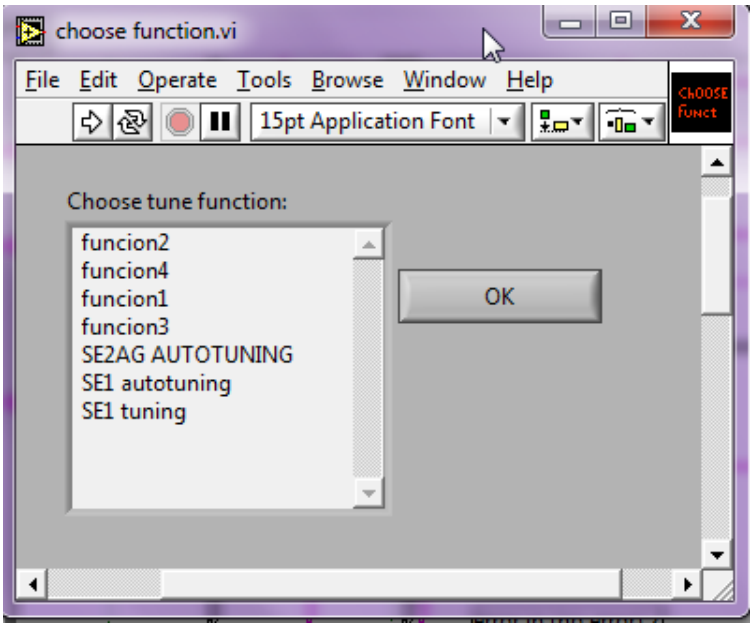


Figura 6.19: Panel frontal del selector de secuencia que utilizará RedRat para controlar la TV durante el test.

Una vez tenemos un control de TV por RedRat que funciona correctamente, hemos ido añadiendo subfunciones para que el sistema funcione más rápido. Obviamente si cada vez que cambiamos de canal enviamos toda la secuencia de autotuning y esperamos que este acabe tan solo para detectar un canal estamos perdiendo tiempo. Si decidimos cambiar de canal hacia arriba o hacia abajo, el tiempo entre medidas es mínimo, pero previamente debemos dejar grabados en orden en nuestra TV los canales que queremos medir. Así que hemos realizado varios algoritmos que nos leen el nombre del canal (s35, c24, etc.) capaces de cambiar por la pantalla de manual tuning de uno a otro, reconociendo de que canal viene y a que canal nos dirigimos. No entraremos en exponer todo este algoritmo pero almenos saber que existe y nos permite ganar tiempo de medida.

6.2.2. Control de la TV mediante ECS commands.

El segundo método de control de TV que hemos introducido es mediante ECS (External Control Sequence) commands. Este método consiste en conectar una placa TL-V de Sony a nuestro PC mediante puerto USB. Esta placa se conecta a su vez al main micro de la TV vía bus I2C por un cable que se conecta a la placa principal de la TV. La placa TL-V es detectada por el PC como varios puertos series, así que a la hora de realizar nuestro programa en LabView lo trataremos como si estuviéramos enviando comandos a un puerto serie del PC. La ventaja de este método es su

rapidez puesto que lo que hace es enviar una secuencia que accede a una memoria de la TV y nos muestra directamente el canal deseado por pantalla sin necesidad de sintonizar ni perder tiempo. El gran hándicap es que con este sistema solo podemos controlar TVs de Sony, con un main micro conocido y para el cual está preparada la placa TL-V, siendo imposible utilizar este método para obtener resultados de cualquier otra TV de diferente marca.

Si seleccionamos como método de control de TV los "ECS commands", cuando abandonamos el subprograma de "Advanced Configuration", automáticamente nos aparece una pantalla para que configuremos nuestro puerto serie. Bastará con chequear que puerto ha sido habilitado al conectar la placa TL-V en el panel de control del PC y configurar este de la siguiente manera (baud rate: 115200, data bits: 8, stop bits: 1 y parity: none). La interfaz de usuario de esta pantalla la podemos ver a continuación. También mostraremos la parte de programación que tan solo consiste en guardar la configuración de un puerto serie mediante funciones VISA.

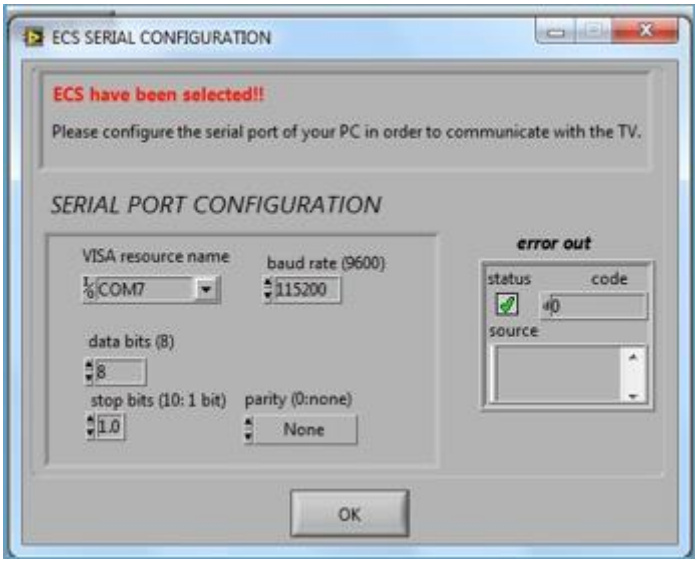


Figura 6.20: Panel frontal de configuración del puerto de control de la placa TL-V.

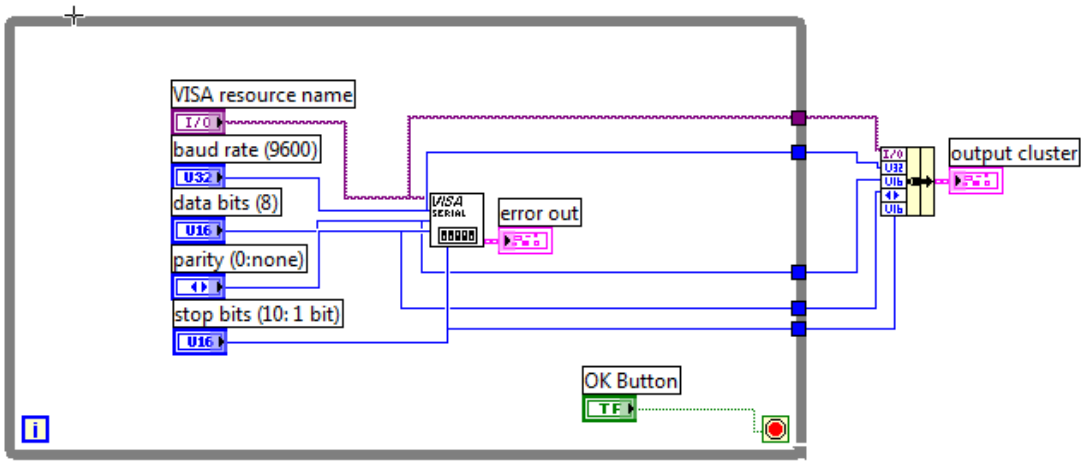


Figura 6.21: Diagrama de bloques del configurador del puerto de control de la placa TL-V.

Una vez que tenemos el puerto por donde enviaremos los ECS commands configurado es hora de comentar como lo utilizamos dentro del programa de medidas. Este programa recibe una variable en la que le indicamos que hemos elegido controlar la TV por ECS commands. Cada vez que el programa cambia de frecuencia entramos en el programa que mostraremos a continuación. Este programa no tiene interfaz de usuario, simplemente envía a la placa TL-V un string que corresponde al canal que queremos medir a continuación y esta lo traduce y envía a la TV mediante I2C.

La gracia de este programa es que tiene que ser capaz de discernir que canal queremos sintonizar, y en función de este enviar el string correspondiente. El resto es sencillo, mediante funciones VISA abrimos un puerto serie con la configuración previamente guardada, escribimos el string correspondiente y cerramos el puerto.

El string a enviar vemos que tiene una parte común que enviaremos para cualquier canal F100 0B02 9001 0006 y una parte que varía para cada canal XX XX XX. Esta parte que varía vemos que sigue una regla que podemos programar. 00 00 95 para el primer canal, 00 01 96 para el segundo y así sucesivamente hasta la posición de memoria 1000 que es la última de nuestra TV y que corresponde a 10 00 A5.

Adjuntamos un pantallazo de la programación de envío de ECS commands. Tanto del algoritmo como del propio envío del string por el puerto serie.

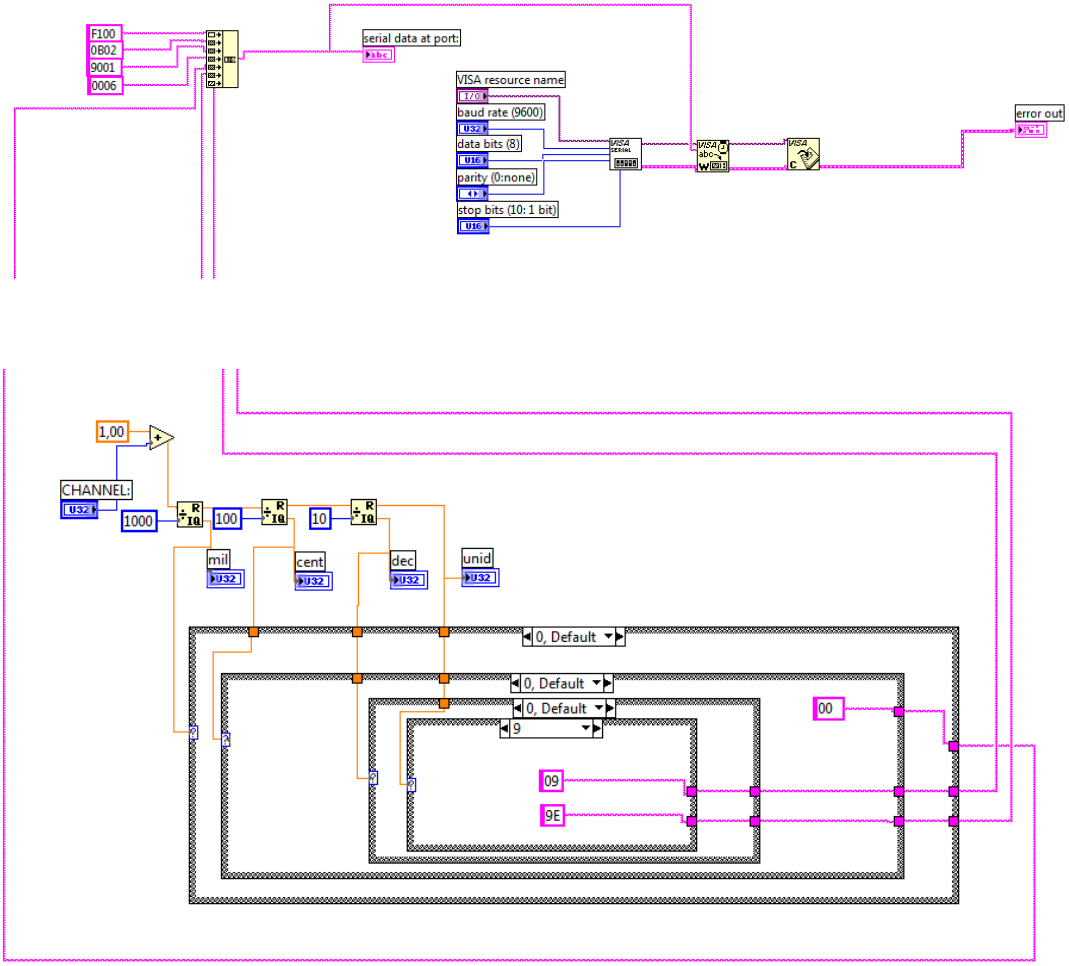


Figura 6.22: Diagrama de bloques del control de TV mediante ECS commands.

6.3. *Introducción del nuevo equipo para el análisis de video Tektronix VM700.*

Ahora que ya tenemos un sistema de automedidas calibrado, con todos los sistemas de modulación analógicos disponibles y que es totalmente automático ya que controlamos nuestro DUT remotamente, es hora de adaptar nuestro sistema para que funciones con otro analizador de video. Actualmente está funcionando con un R&S VSA controlable por GPIB y la idea es que sea totalmente compatible para funcionar con un Tektronix VM700, que es el equipo que disponen en el site de Japón. Se trata de un equipo más antiguo, que se controla a través de puerto serie. Afortunadamente es compatible con la norma IEEE 488.2 y nos permitirá el uso de las funciones VISA de Labview para comunicarnos con él, cosa que nos facilitará la tarea. Lamentablemente tiene un inconveniente, no es capaz de capturar gráficas de las medidas realizadas, sino que exporta al puerto serie un string con todas las coordenadas que ha pintado por

pantalla y que nos veremos obligados a traducir. No implica grandes conocimientos, pero si un trabajo muy tedioso de programación para que la salida del sistema sea compatible con el actual equipo de medida como veremos a continuación durante el desarrollo de los drivers para el Tektronik VM700.

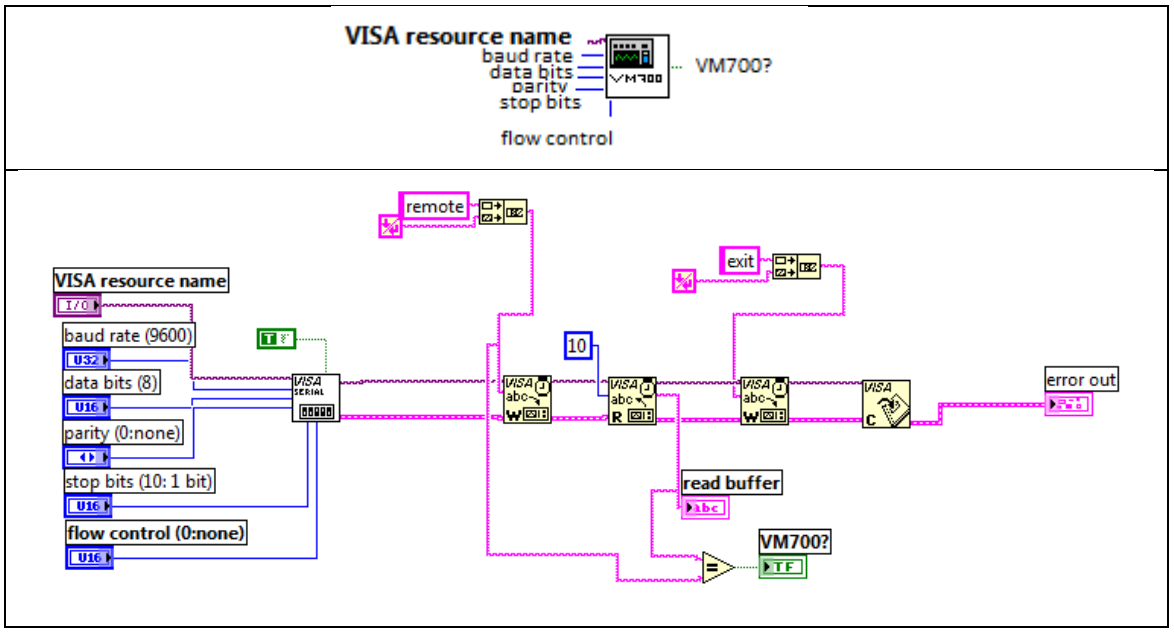
6.3.1. Autodetección del VM700.

Como podemos imaginar nuestro nuevo equipo tiene que ser detectado por la misma función de autodetección de equipos que hemos explicado para el analizador de espectro. Obviamente no volveremos a analizar dicha función en profundidad, haremos un breve resumen centrándonos en el aspecto diferencial.

Con la explicada función find que nos detecta todos los puertos con equipo conectados a nuestro PC nos devolverá el número de puertos y el tipo. Si el Tektronix VM700 está conectado nos devolverá el puerto serie que en ese momento le tenga asignado nuestro PC, con su configuración. El siguiente paso es ver a través de que comando el VM700 nos responde que está presente. Lamentablemente no responde a la regla genérica de responder con el nombre al enviar *IDN? Como suele pasar con todos los equipos modernos controlables por GPIB. Para solucionar esto hemos creado el siguiente driver de detección de VM700.

Se trata de enviar al puerto serie el comando remote. Para ello abriremos un puerto serie y enviaremos este comando. Si hay otro equipo conectado no entenderá la función, no devolverá nada y por tanto en ese puerto no tenemos conectado nuestro equipo. En cambio, si un VM700 está conectado a ese puerto, el equipo se pondrá en modo que permite el control remoto del mismo y escribirá en el puerto serie un echo del mensaje enviado. Gracias a conocer está función comparamos el mensaje enviado con el leído, si son iguales es que tenemos un VM700 disponible en dicho puerto. Finalmente saldremos del modo remoto con el comando exit para dejar el equipo en un modo conocido y cerraremos la comunicación con el puerto.

El driver pues de detección del VM700 cuenta con las entradas para configurar el puerto serie y con la salida de un booleano que nos indica si existe VM700 en dicho puerto o no. A continuación exponemos la programación del driver.



Una vez tenemos el driver de autodetección de VM700 es cuestión de introducirlo dentro del programa principal de búsqueda de tal modo que pregunte a todos los puertos del tipo serie, no es necesario que mire en los GPIB, si tienen un VM700 conectados a él. En caso afirmativo y como el equipo no es capaz de enviarnos su nombre, le asignaremos a ese puerto el nombre de TEKTRONIX, VM700 a través de una constante del tipo string. A continuación exponemos esta parte del programa.

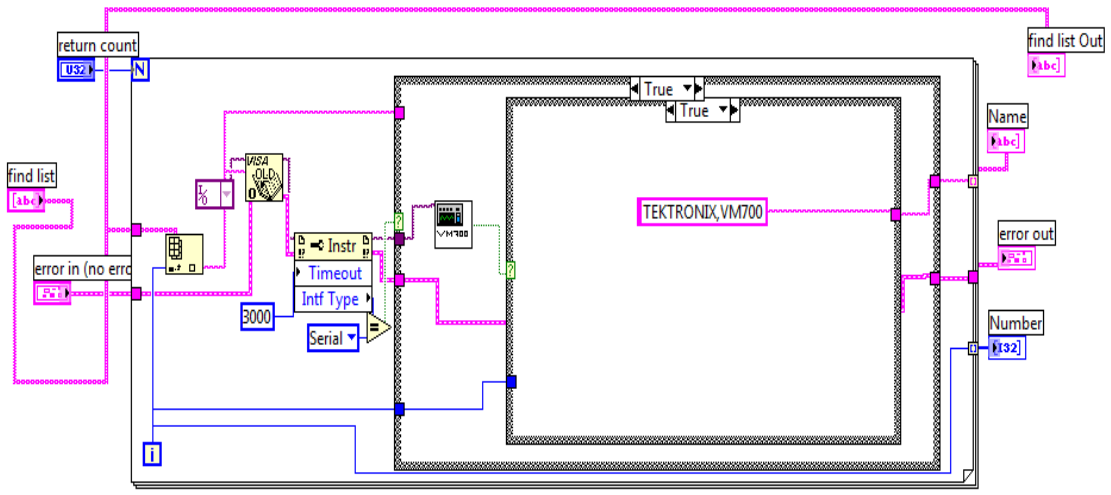


Figura 6.23: Diagrama de bloques del detector de instrumentos, concretamente el Tektronix VM700.

Finalmente entra en un subprograma donde los nombres encontrados los compara con un tabla de instrumentos fija que hemos creado y los cataloga según el tipo, en este caso lo catalogaría como analizador de video y aparecería en el desplegable de analizadores de video disponible.

6.3.2. Nuevos drivers para todas las medidas en VM700.

Es hora de realizar todas las medidas o test que tenemos disponibles en el VSA con nuestro nuevo equipo introducido en el sistema, el Tektronix VM700.

Este equipo no dispone de unos comandos para indicarle que haga una medida u otra, cosa que nos facilitaría los drivers, sino que dispone de un control remoto en el que le vamos indicando que tecla del panel frontal queremos tocar. Siendo así, tendremos que programar toda la secuencia de teclas que pulsaríamos para hacer una medida de forma manual pero de manera remota, y obviamente volver a poner el dispositivo en una pantalla inicial para a la hora de realizar una nueva medida, partir de un estado conocido. El otro gran hándicap es que tampoco nos saca una lista de medidas o una imagen del resultado del test, sino que pone en el puerto serie un string con toda la información de los parámetros seleccionados o un string con todos los valores de la gráfica. En definitiva necesitará unos drivers para cada medida con una programación larga y tediosa, aunque no muy complicada.

Para facilitarnos la programación, el primer driver que programaremos no será para realizar un test en sí, sino que será un driver que nos permita copiar toda la información que el equipo ha escrito en el puerto serie. Como veremos este driver lo tendremos que usar luego dentro de cada uno de nuestros drivers de medida. El driver en si consiste en abrir el puerto que tenemos definido para el VM700, enviar el comando serial data at port y leer la información que hay en este puerto. Como no siempre está toda la información disponible en el puerto, realizaremos un bucle para capturar toda la información que continuamente va refrescando el equipo en este puerto. La salida del driver no será mas que un string con toda la información. A continuación mostramos el código de este driver.

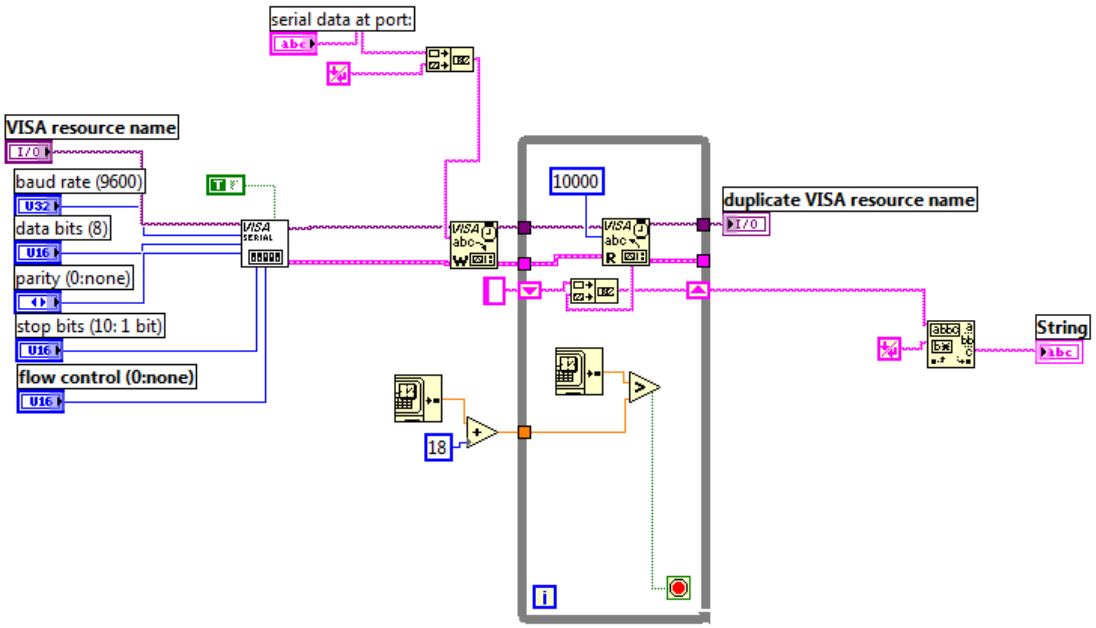


Figura 6.24: Diagrama de bloques del subprograma encargado de leer la respuesta del VM700.

A continuación mostraremos unas breves ideas de cómo hemos realizado cada uno de los drivers para cada medida, sin analizar en profundidad todo el código de programación que se puede ver mejor dentro del código fuente suministrado con esta memoria.

Hemos generado un primer driver que es capaz de medir Frequency response y Group Delay. Este driver necesita un par de entradas para funcionar: el puerto donde tenemos conectado el VM700 y el sistema de modulación analógica que estamos midiendo. A la salida nos devuelve el string completo que hay a la salida del VM700 por si posteriormente lo necesitamos recuperar tal cual, y 2 arrays numéricos de medidas. Estos 2 arrays son los verdaderamente importante, puesto que contienen todos los puntos de la gráfica del Frequency response y del Group Delay.

El driver en si está compuesto de 2 grandes bloques. El primero es el encargado de ejecutar todos los comandos para realizar la medida. Esto consiste en poner el equipo en modo remoto, utilizar el canal de medida apropiado según la variable de entrada donde nos indica la modulación que estamos testeando, cambiar la línea de TV en la que queremos hacer la medida, ejecutar la medida de FR y GD, hacer un Average, utilizar el driver que explicamos anteriormente para copiar los datos del puerto serie y volver atrás todos los pasos para dejar el VM700 en un modo conocido. A continuación podemos ver la programación de este código.

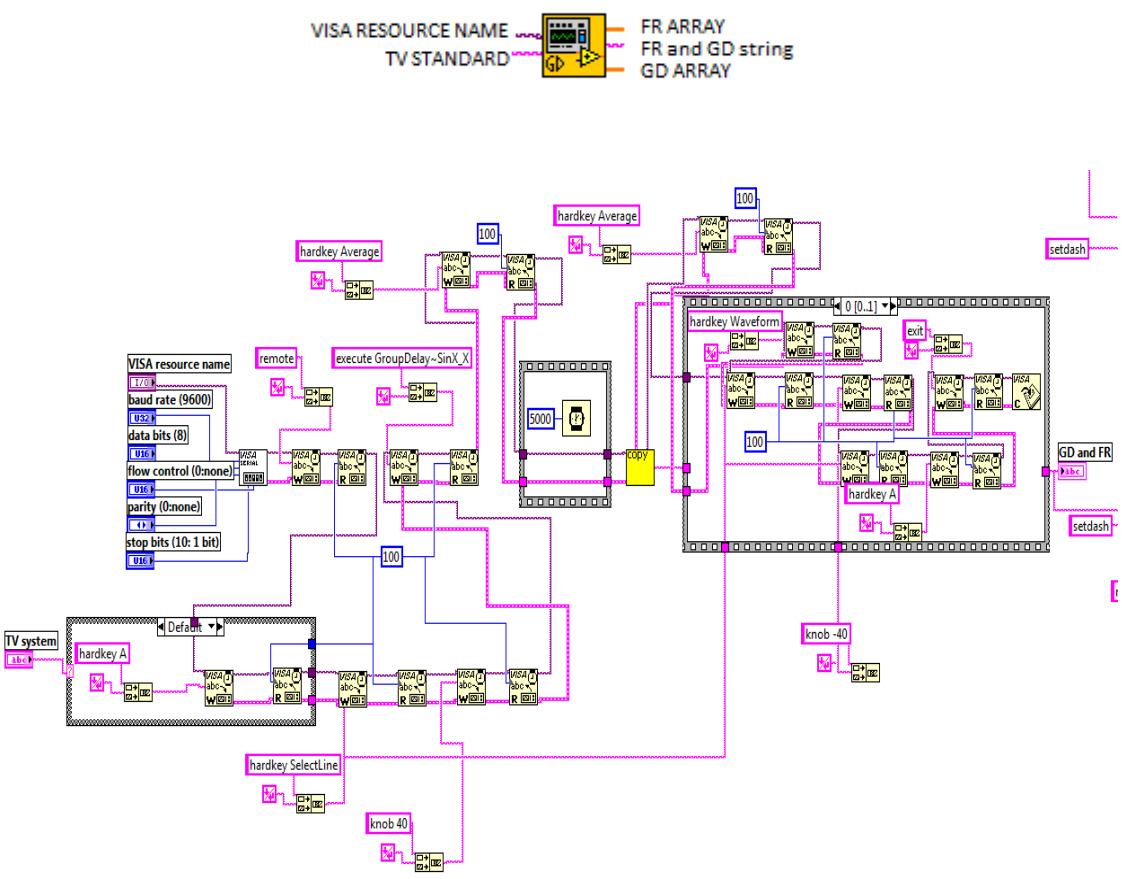


Figura 6.25: Diagrama de bloques del driver para medir FR y DG con VM700 y su VI en LabView.

El segundo bloque del driver meramente nos traduce la información que encontramos en el puerto en los arrays de puntos que necesitamos para que sea compatible con las mismas salidas que tenemos en el VSA y podamos utilizar indistintamente ambos analizadores de video. Esta parte del código es muy extensa con lo que no es viable exponerla en una memoria y además carece de relevancia técnica, obviamente si se está interesado se puede consultar en el código en el DVD adjunto a la memoria.

El segundo driver que vamos a generar es muy parecido al primero pero para capturar la gráfica de Noise spectrum. Igualmente está dividido en 2 partes, una que realiza propiamente la medida y que expondremos a continuación y una que traduce la información del puerto a un array de puntos con la gráfica del test, que no entraremos a analizar. El driver en si tiene las mismas entradas que el anterior: puerto donde tenemos nuestro VM700 y un selector de estándar de modulación analógica que estamos utilizando. A la salida nos devuelve un string con la información tal cual la encontramos en el puerto y un array con la gráfica del Noise Spectrum.

Para realizar la medida Noise spectrum llevamos a cabo la siguiente secuencia: configuramos el equipo para control remoto, elegimos el canal de medida en función del sistema de modulación, ejecutamos el test de Noise spectrum, apretamos la función Menu, vamos a la opción de selección de filtros, aplicamos FPB 5MHz, aplicamos Unified Weighting, Seleccionamos con el knob la línea adecuada en función del standard de TV a medir, hacemos un average, utilizamos el driver que explicamos anteriormente para copiar los datos del puerto serie y volver atrás todos los pasos para dejar el VM700 en un modo conocido.

El código de programación es demasiado extenso para exponerlo en la memoria y es muy similar al mostrado anteriormente, tan solo exponemos el icono del subprograma con sus entradas y salidas.

Figura 6.26: Driver para medidas de Noise Spectrum con VM700.

El tercer driver es el que utilizaremos para obtener la lista de parámetros a medir de un canal. Al igual que sus predecesores consta de dos partes. Una donde propiamente realizamos el test y la segunda donde buscamos dentro de una tabla general con todos los parámetros de medida los que previamente mediamos con el VSA para que sean totalmente compatibles. Además en algunos casos requieren algún cambio de unidades para ser totalmente compatible.

El driver en si consiste en 2 parámetros de entrada: el puerto donde tenemos el VM700 y el standard de TV a medir. Y 2 salidas: el string tal cual está en el puerto serie y un vector de strings con cada una de las medidas que necesitamos para nuestro sistema. A continuación exponemos el código de la primera parte que consiste en poner el VM700 en remoto, seleccionar el canal por el que realizar la medida en función del sistema de TV, apretar la tecla AUTO, enviar getresults, enviar show auto y leer del puerto serie toda la información y posteriormente devolver el VM700 a un estado conocido.

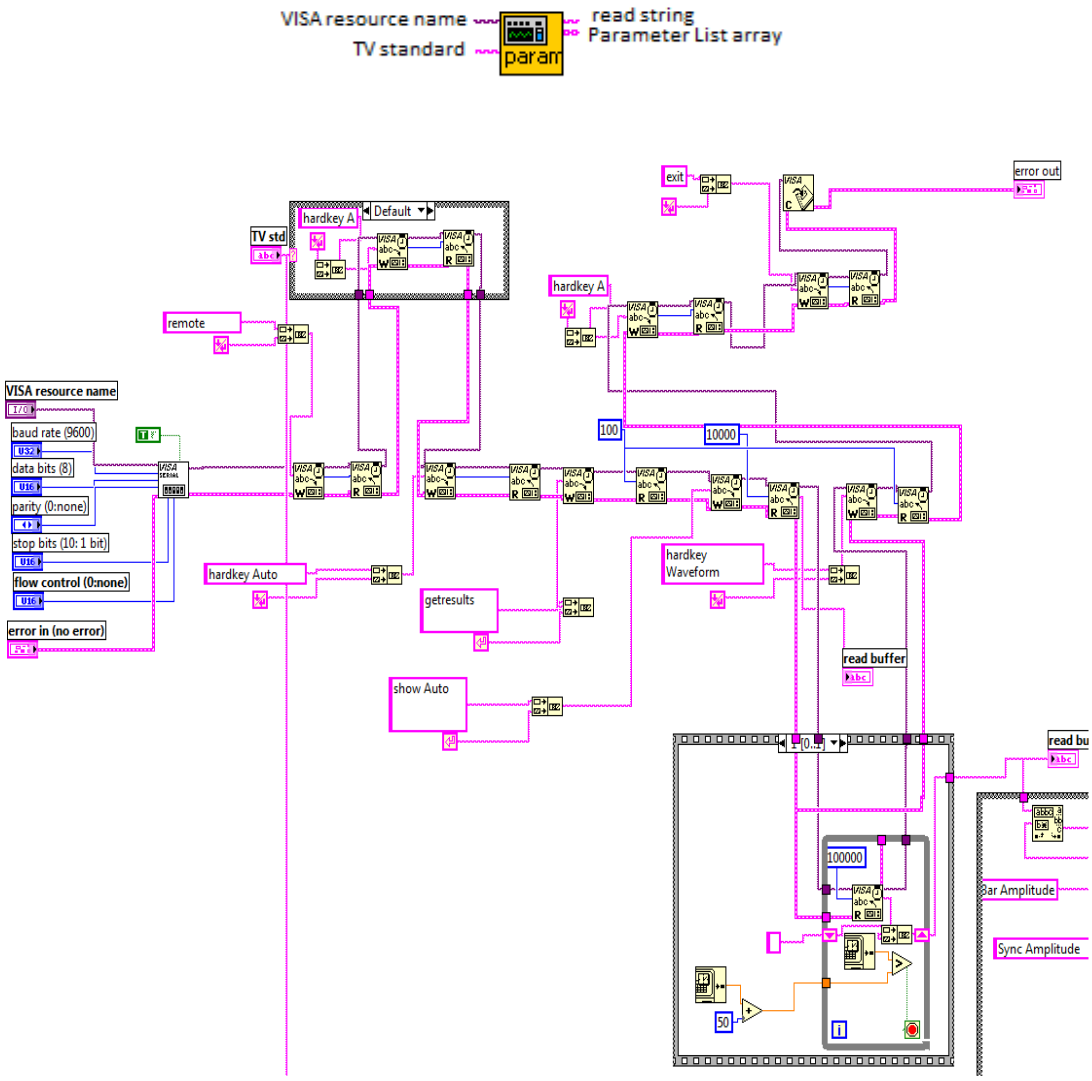


Figura 6.27: Diagrama de bloques del driver para medir Parameter List con VM700 y su VI en LabView

El cuarto driver de medida para el VM700 es el que nos permitirá realizar la medida de 2T pulse. Este driver de medida tendrá como entrada el puerto donde tenemos el equipo y el sistema de TV escogido, y como salida el string leído en el puerto serie y un array de puntos con la gráfica correspondiente al 2T pulse. Mostraremos el código que nos permite realizar la medida pero no indagaremos en la traducción de la información del puerto a un array de puntos. Para realizar la medida necesitamos poner el VM700 en remoto, seleccionar el canal de medida en función del standard de TV, apretar la tecla Waveform, copiar los datos del puerto y volver el equipo a la configuración inicial. A continuación exponemos el block diagram de LabView para este proceso.

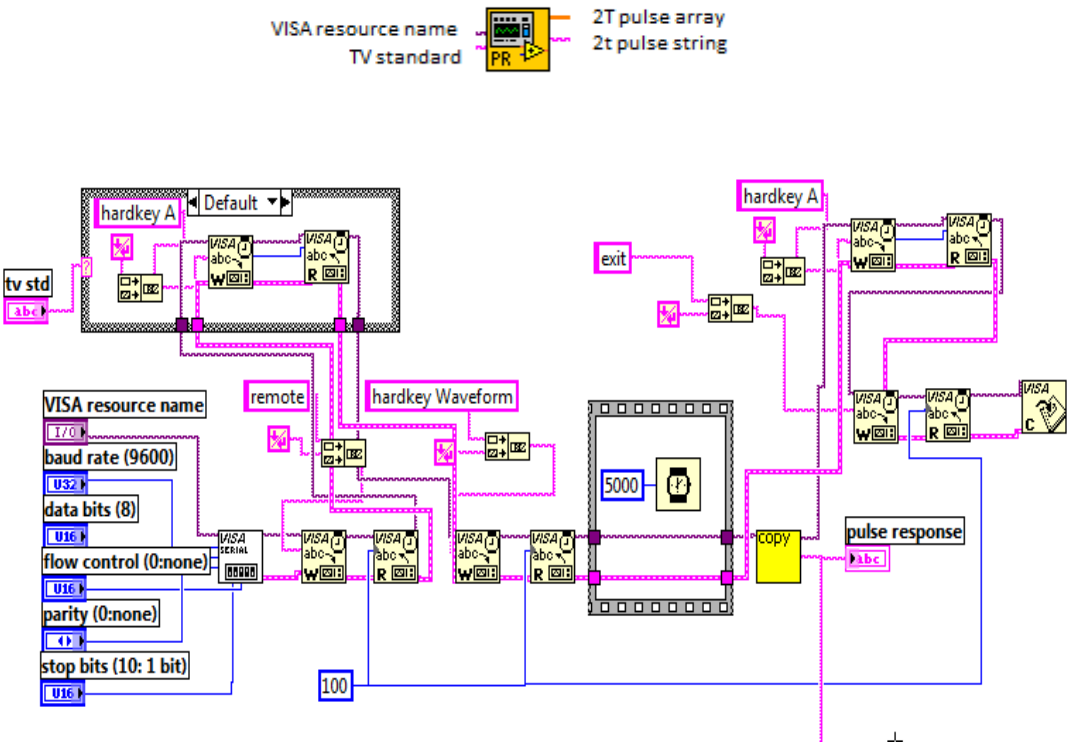


Figura 6.28: Diagrama de bloques del driver para medir 2T pulse con VM700 y su VI en LabView

Finalmente realizaremos un último driver capaz de medir el SNR. Este driver lo utilizaremos en 2 funciones de nuestro programa, para medir el SNR Vs Channel y para medir el SNR VS RF level. Como los otros drivers le indicaremos el puerto donde tenemos colocado el equipo de media y el standard de TV a medir. Nos devolverá un número que corresponderá al nivel de SNR medido en ese momento. El código de programación es muy extenso para mostrarlo pero consiste en una secuencia de comandos que enviaremos y leeremos con funciones VISA como hemos visto en los drivers anteriores y que nos permiten realizar la medida de SNR y devolver el equipo a su estado inicial. Exponemos tan solo el icono del driver con sus entradas y salidas.

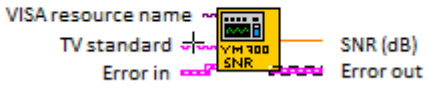


Figura 6.29: Driver para medir SNR con VM700.

6.3.3. Introducción de los nuevos drivers al sistema global.

Para introducir los nuevos drivers dentro de nuestro programa measurements veremos que no nos supone un gran problema. Al generar los drivers para cada una de las medidas ya hemos tenido en cuenta que sean totalmente compatibles con el sistema anterior y que tenga las mismas entradas, salidas, rangos, unidades, etc.

Ahora pues es cuestión de identificar en que momentos llamamos a los drivers de medida con el anterior analizador de video, el VSA, y en vez de llamarlos directamente añadir una estructura case en función del analizador de video seleccionado para llevar a cabo la medida. Esto significa que si seleccionamos el VSA ejecutaremos el código tal cual hasta ahora y si escogemos el nuevo VM700 ejecutaremos los nuevos drivers.

Este método de utilizar una estructura case con las 2 opciones lo haremos para todas las medidas disponibles: Group Delay, Frequency response, Noise Spectrum, 2T pulse, parameter list, SNR Vs cannel y SNR VS RF level. Cabe remarcar que si el resultado de la medida no es un número o una lista de parámetros, sino una gráfica tendremos que añadirle una cabecera con los límites, unidades, número de puntos de medida etc. para que el sistema sea totalmente compatible.

A modo de ejemplo mostramos la estructura que hemos montado para medir el FR y el GD con ambos analizadores de video. La programación seria análoga para las demás medidas.

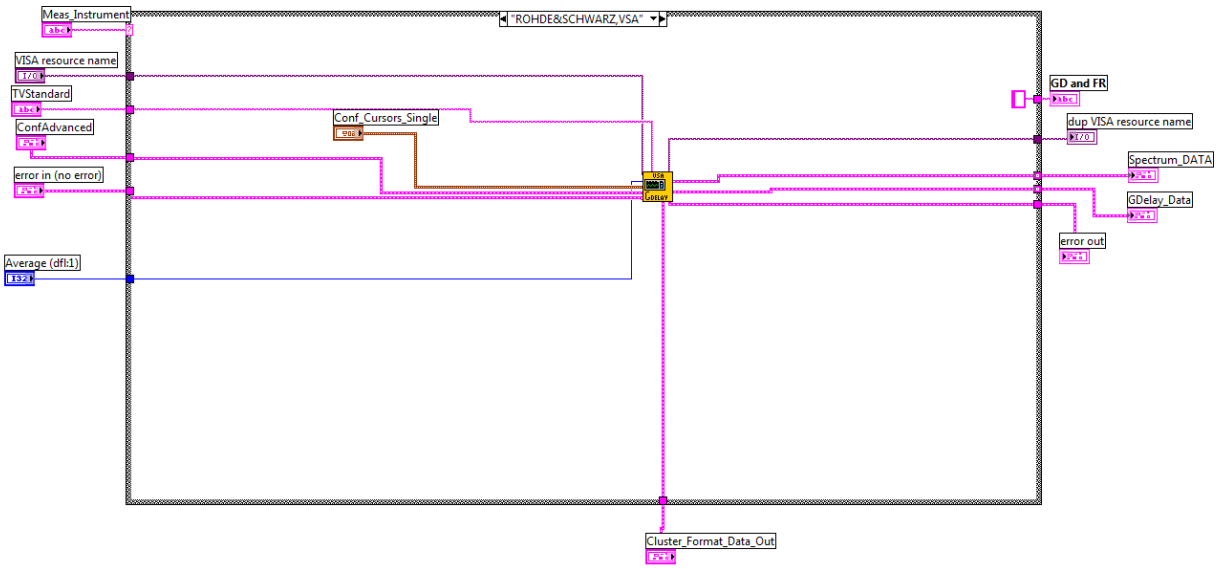


Figura 6.30: Diagrama de bloques donde se realiza la medida FR y GD con el R&S VSA como analizador de video.

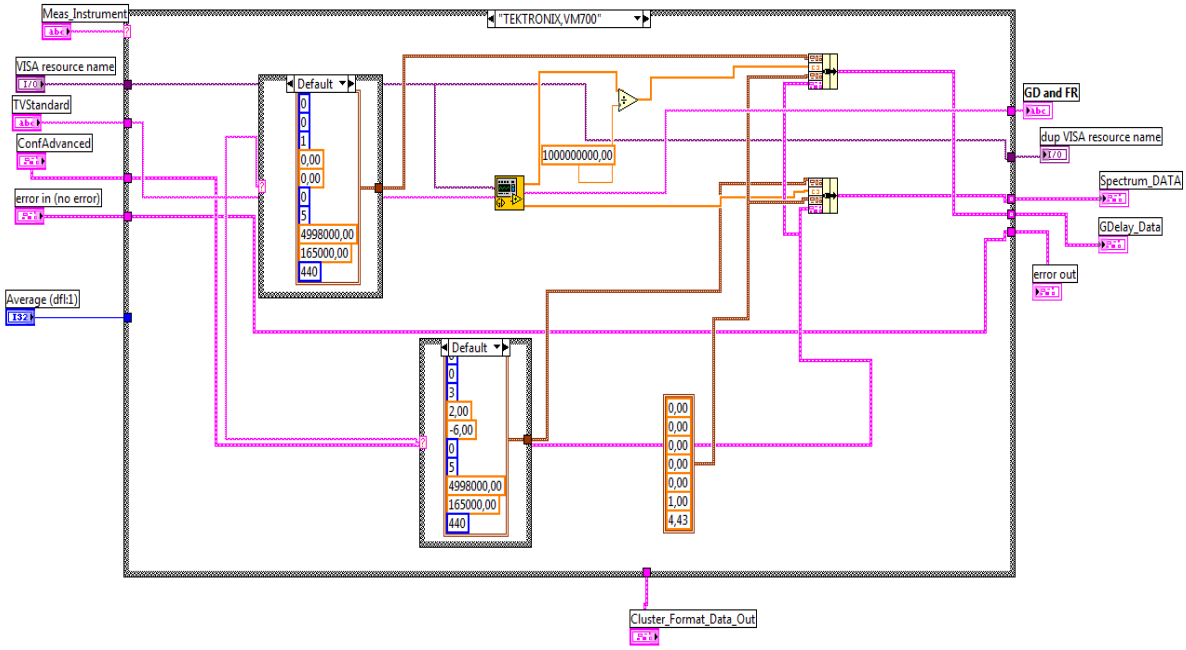


Figura 6.31: Diagrama de bloques donde se realiza la medida FR y GD con el VM700 como analizador de video.

6.4. Desarrollo del nuevo report automático en formato Excel.

El último punto que hemos desarrollado en nuestro sistema de automedidas es la generación de reports en Excel. Nos aporta calidad en el sentido que tenemos todos los datos disponibles en el report numéricamente y no solo graficas como hasta ahora. Además Sony JPN tiene un sistema de medidas de tuners que genera reports en Excel y se puede comparar el resultado del tuner por el solo y en nuestro sistema que está el tuner con el conjunto de la TV. Además obviamente ganamos tiempo a la hora de comparar medidas anteriores con las obtenidas

actualmente, ya que fácilmente podemos coger datos de diferentes medidas y hacer gráficas comparativas en pocos minutos.

Para generar los reports en formato Excel nos ayudaremos de una serie de drivers que LabView pone a nuestra disposición dentro de un toolkit de report Generation. Con esto drivers podemos gestionar archivos Excel, crear pestañas, movernos por celdas, grabar datos en las celdas, realizar gráficas, cambiar celdas de color, cambiar tamaños de fuente….en definitiva crear un Excel con la apariencia que nos apetezca de manera automática.

Esta generación de report en Excel obviamente la hemos hecho en el subprograma Measurement Browser. Simplemente cuando el usuario pulsa para generar un report, le hemos añadido una opción más a las que ya poseía el sistema: Print, HTML y Word. Ahora también hay la opción de sony report que no es más que un report en formato Excel. Esta es la interfaz de usuario que nos permite elegir el tipo de report, el nombre que le vamos a poner, el autor y la ruta donde lo queremos grabar.

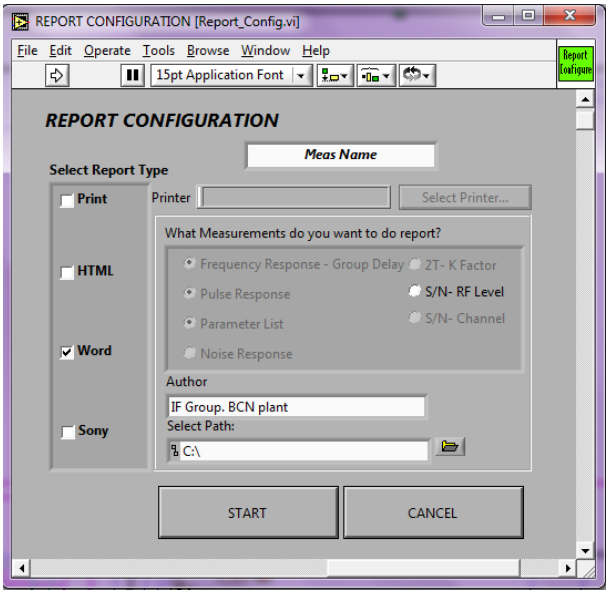


Figura 6.32: Panel frontal del generador de reports.

A partir de aquí hemos añadido una estructura a nuestro sistema en LabView para que si la opción marcada es Sony report entre en los nuevos programas que hemos creado para realizar el report en Excel y si hay cualquier otra marca, siga con el código tal cual hasta ahora.

Centrándonos en la nueva opción, reports en Excel, hemos generado varios programas para generar el report. El primero nos hace una portada con la fecha, el logo del equipo y nos indica que tipo de medida se trata. El segundo añade a la misma pestaña de presentación de Excel un resumen de canales y RF levels que hemos medido con su respectiva calibración y con qué equipos hemos llevado a cabo la medida. El tercero nos genera una nueva pestaña con unas tablas y unas gráficas para cada RF level de la medida SNR VS Channel. El cuarto nos genera también una nueva pestaña con tablas y gráficas para cada frecuencia de la medida SNR Vs RF input level. Finalmente generamos unos bucles while anidados para generar una nueva pestaña por cada frecuencia, RF level y sistema de modulación elegido. En cada una de estas pestañas en las que el RF level, sistema de modulación y Rf level es fijo incluiremos toda la información de ese test. Para ello mirarmos si disponemos de GD y FR y en caso afirmativo incluiremos las tablas y las gráficas de ese test, y lo mismo para Pulse Response y Noise spectrum. Finalmente miraremos si disponemos de lista de parámetros del test y en caso afirmativo incluiremos una lista con todos estos parámetros y el 2T pulse.

Como vemos es una tarea larga pero que no implica más que jugar con los drivers disponibles, la apariencia del report en Excel y con los datos que hemos ido almacenando de los diferentes test. Así pues no vamos a exponer todos estos códigos que ya están disponibles en el código fuente adjunto, sino solo un ejemplo para visualizar como se realiza este tipo de programación.

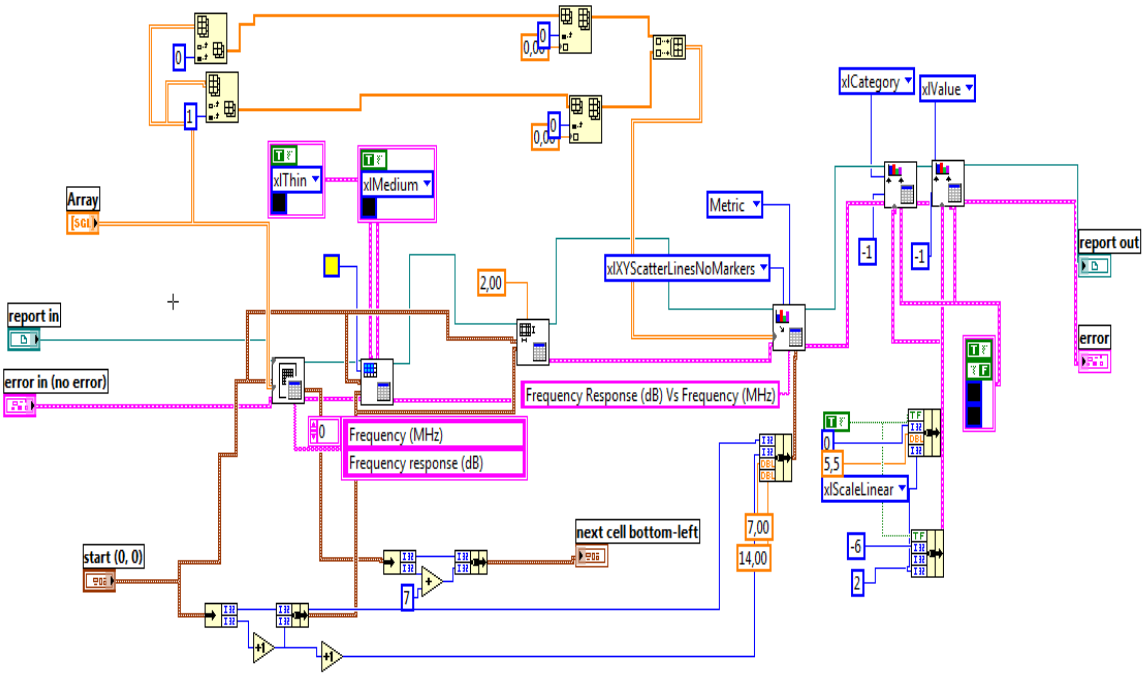


Figura 6.33: Diagrama de bloques del generador de reports donde se puede ver el uso de la funciones para crear Excels.

Finalmente remarcar que adjunto con la memoria y el código fuente añadiremos unos reports de medidas donde se puede observar el resultado final de toda esta programación de reports en Excel.

7. Evaluación y testeo del sistema de automedidas.

Una vez se ha acabado el desarrollo de los objetivos marcados para este proyecto es el momento de su evaluación y testeo para ver que nos aportan las mejoras en un entorno de desarrollo de un proyecto de una nueva TV, y también para ver qué aspectos deben ser mejorados.

7.1. Introducción del sistema de automedidas en un proyecto real. Resultados obtenidos.

El primer paso que llevamos a cabo una vez hemos desarrollado y testeado una a una las mejoras que nos hemos propuesto es introducir el programa final de automedidas con todas las mejoras juntas en un PC y ponerlo a la disposición de los ingenieros de Sony para que lo utilicen durante el desarrollo de un proyecto de una nueva TV.

El feedback de nuestro cliente, Sony, es que el sistema es mucho mejor que el anterior sistema puesto que la ayuda del control de la TV les hace ganar mucho tiempo de medida. También nos comentan que el hecho de disponer de calibración, nuevas tablas de canales y reports en Excel les facilita el cruce de datos con los que poseen del sintonizador fuera de la TV. Todas estas mejoras las comparamos con el anterior sistema en el siguiente punto de esta memoria.

Obviamente no todo han sido aspecto positivos, el programa tienen algún bug heredado que hace que se tengan que rehacer algunas medidas y también nos proponen algunas mejoras para que el sistema funcione con más versiones de Windows y con más versiones del pack office. Estos aspectos de mejora están fuera del ámbito que nos habíamos propuesto en este proyecto, y no nos detendremos a explicar con detalle cómo se han solucionado, pero obviamente hemos dedicado unos meses de desarrollo para que finalmente el producto sea 100% funcional y adaptado a las necesidades del cliente antes de darlos por finalizado.

7.2. Comparación con el sistema anterior.

Respecto al anterior sistema de automedidas y ya con todas las mejoras introducidas en nuestro programa, vemos una clara mejora en cuanto a posibilidades de medida, calidad de estas y el tiempo necesario para llevarlas a cabo.

Primero nos centraremos en las mejoras de tiempo. Obviamente el tiempo que necesitamos para llevar a cabo un test de un sintonizador varía en función del número de modulaciones que queramos evaluar, del número de canales a testear y de los niveles de RF que queramos testear. Si ponemos un ejemplo de un test que consista en medir unos 10 canales con dos niveles de RF diferentes estamos hablando de un orden de tiempo de medida manual de 12 horas y un ingeniero full time. Con el anterior sistema de automedidas reducimos el tiempo a 2h y un ingeniero atento a cada cambio de frecuencia durante las 2h de la medida, más alguna remedida. Con nuestro sistema mucho más robusto, cosa que nos evita remedidas y con el control de TV automático reducimos el tiempo a un intervalo entre 50 minutos y 1h 10 minutos en función del sistema elegido para controlar remotamente la TV y sin necesidad de presencia de ningún ingeniero durante la medida. Obviamente el tiempo ganado es importante pero no es tan espectacular como el paso de manual a automático. Eso sí, el hecho de poder lanzar medidas sin presencia de una persona durante el test nos abre nuevas posibilidades. Por ejemplo, podemos dejar el sistema midiendo durante la noche y realizar test con muchos más canales y niveles de RF puesto que podemos lanzar el test y olvidarnos hasta obtener los resultados.

Si nos centramos en las mejoras de calidad, vemos que ahora los resultados de nuestro sistema totalmente calibrado y con las tablas de frecuencia adecuadas son fácilmente correlables con los resultados que los ingenieros tienen del sintonizador standalone. Además esta correlación de resultados es fácilmente comparable gracias a disponer de todos los datos en formato de tablas de Excel. Con nuestro actual sistema es fácilmente detectable cuando hay un problema dentro de la TV que no existía en el sintonizador por si solo, y con el simple hecho de realizar unas medidas automáticas de la TV nos permite ver la calidad del diseño, los

problemas de ruido añadidos por la TV. Además las mejoras que podemos introducir en nuestra TV son fácilmente cuantificables gracias a poder fácilmente repetir las medidas automáticamente sin gastar muchos recursos de nuestro proyecto.

Finalmente vemos que ahora nuestro sistema nos abre nuevas posibilidades de medida gracias a haber introducido el sistema de modulación M en las medidas automáticas. Anteriormente solo nos podíamos centrar en las modulaciones utilizadas en Europa y ahora nuestro sistema se puede utilizar también con la modulación M y sus tablas propias de canales que se utilizan en Japón y EEUU.

Por ultimo comentar que ahora nuestro sistema puede funcionar con varios analizadores de video con lo que nos abre la posibilidad de medida aunque este un equipo ocupado por otro compañero o incluso nos abre la posibilidad a poder utilizar el sistema de automedidas en sites donde antes no era posible por la falta de equipos.

Como muestra del resultado de nuestro sistema de automedidas adjuntamos un report básico de 2 canales con 2 niveles de RF como Anexo a esta memoria.

8. Conclusiones y mejoras.

Al término de este proyecto se han cumplido con creces los objetivos que nos marcamos al empezarlo. Hemos obtenido un sistema capaz de medir de forma automática sin necesidad de ninguna persona con su consecuente ganancia de tiempo y coste, y un sistema perfectamente calibrado que nos aporta calidad al proyecto. También hemos conseguido adaptar al sistema para su correcto funcionamiento con todos los sistemas de modulación analógicos disponibles y hemos adaptado todo el programa para que funcione tanto con los equipos disponibles en el site de Barcelona como en Japón. Finalmente todos los datos que es capaz de medir nuestro sistema se pueden reportar en varios formatos, como novedad en formato Excel con sus listas de datos y gráficas, que nos permitirán un fácil y preciso análisis de los test a los que hemos expuesto a nuestro sintonizador de TV.

También durante el desarrollo del proyecto y durante la presentación e instalación del sistema en Japón se nos han ocurrido o nos han propuesto algunas mejoras que están fuera del ámbito de este proyecto pero cabe remarcar a tener en cuenta para posibles actualizaciones del sistema de medidas.

Se ha pensado que sería interesante que en el programa que muestra los resultados del test por pantalla y que nos permite generar los reports se pudieran cargar resultados de varias medidas simultáneamente y generar un report comparativo. Si bien es cierto que con la introducción de reports Excel esta comparación se puede llevar a cabo manualmente fácilmente, cosa que antes no sucedía, es bien cierto que si se generara totalmente automático sería aún más rápido y cómodo.

Otra idea muy interesante es que ahora que el sistema es totalmente automático y no necesita a nadie delante del TV poder controlar remotamente desde otro site el programa de LabView. Parece que hay opción de controlar desde un site central cualquier PC que contenga el SW de automedidas en otro site externo y lanzar test remotamente.

Para cerrar este proyecto, remarcar que el sistema está instalado en las oficinas de Sony en Japón y a su vez en las de Idneo en España funcionando correctamente y realizado medidas para cada nueva TV que Sony saca al mercado. También remarcar que a los ingenieros de Japón les

ha gustado mucho el sistema y la facilidad para adaptar nuevos equipos y drivers y actualmente disponen también del código fuente para adaptarlo a sus propias necesidades. Durante la estancia en Sony Osaki a parte de entregar el código fuente, el instalable, programar nuevos drivers para otro analizador de espectros fuera de este proyecto, el interés en el SW de automedidas fue tal que alargamos la estancia para enseñarles a programar en LabView y explicar cómo estaba generado todo el código fuente para que ellos propiamente puedan adaptar el código a sus nuevas inquietudes y necesidades. Mostramos a continuación nuestro sistema funcionando en Sony Osaki y el equipo de ingenieros de Sony a los que entregamos el proyecto.

Figura 8.1: Instalación de nuestro SW en Sony Japón.

9. Bibliografía.

- Televisión fundamental. E. Carretie. Ed. Paraninfo.
- Fundamentos de TV. Otto Limann. Ed. Marcombo.

- LabView 7.1 Programación gráfica para el control de instrumentos. A. Lázaro, J. Del Rio. Ed. Thomson.
- LabView Core 1. Course manual. National Instruments.
- LabView Core 2. Course manual. National Instruments.

- Tektronix TG 2000 Instruction Manual
- Tektronix VM700 Instruction Manual
- R&S VSA Instruction Manual
- R&S SFM Instruction Manual
- Advantest R3261A Instruction Manual

- htttp://www.ni.com
- http://www.tek.com
- http://www.rohde-schwarz.com
- https://www.advantest.com
- http://www.ieee.org/index.html
- http://www.redrat.co.uk/

Anexo A. Report de un test de automedidas.

SONY

File Name: **Automeasurement system test.**

FRONTEND TYPE: **universal**
FRONTEND MODEL: **universal**

Measured By: **IF Group. BCN plant (Raúl Domínguez).**

Print Date: 18/08/2013

Measurement Date: 18/08/2013

Measurement Information

TV Standards:

TV Standard	Country
B/G	BG_General

Channels:

Channel	Frequency (MHz)	Calibration (dB)
s20	294,25	6,15
e45	663,25	6,80

RF Level:

dBuV/ 75 Ohm	
80,0	
40,0	

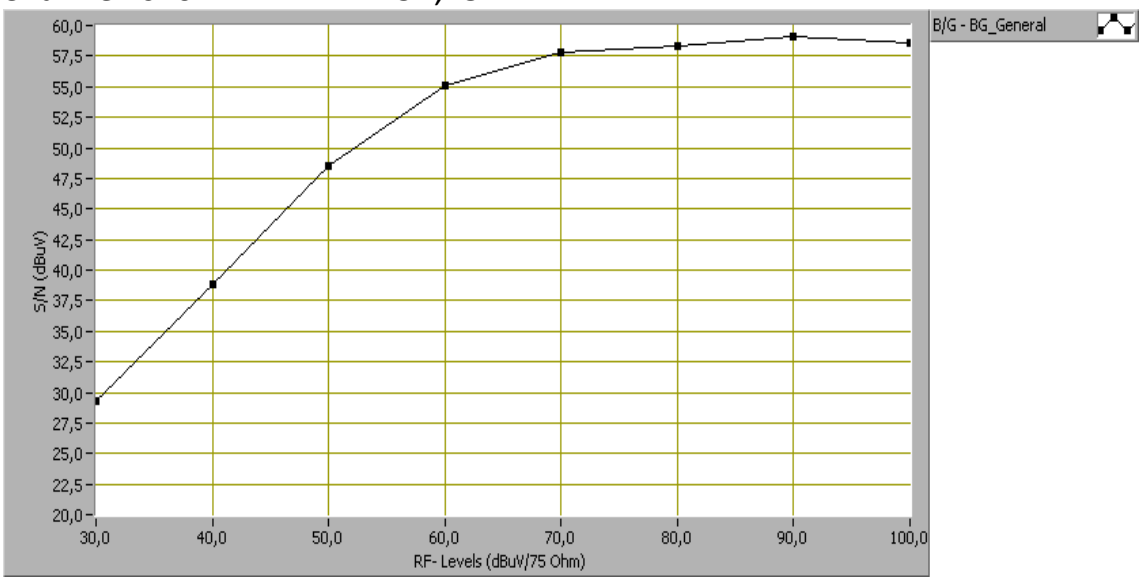
Instruments:

TEKTRONIX,TG2000
ROHDE&SCHWARZ,SFM
ROHDE&SCHWARZ,VSA
ADVANTEST,R3261A

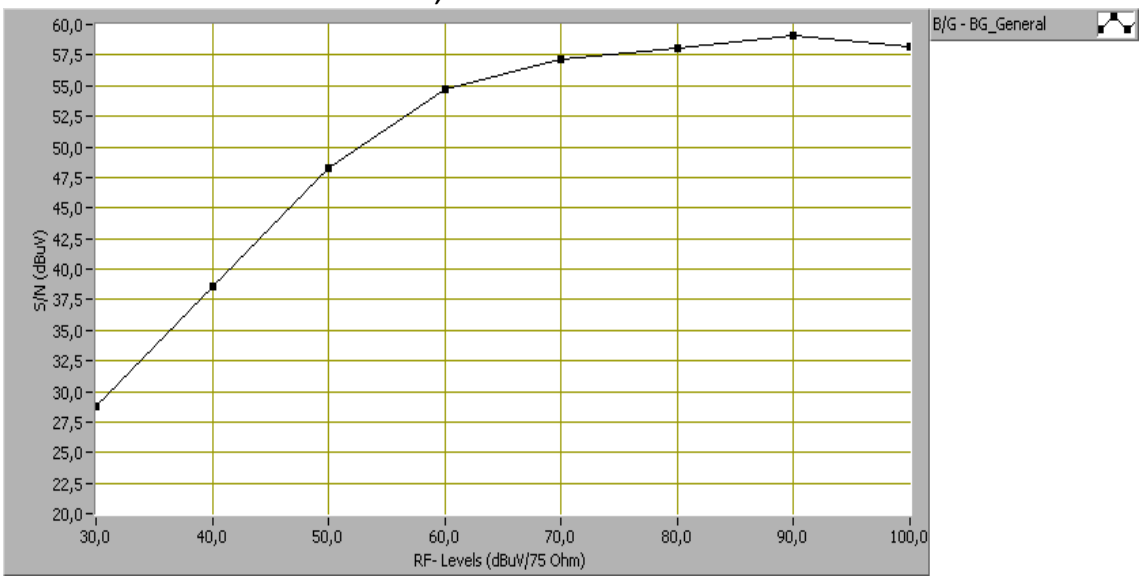
Comments:

S/N- RF Levels:

Channel: s20 294,25 MHz

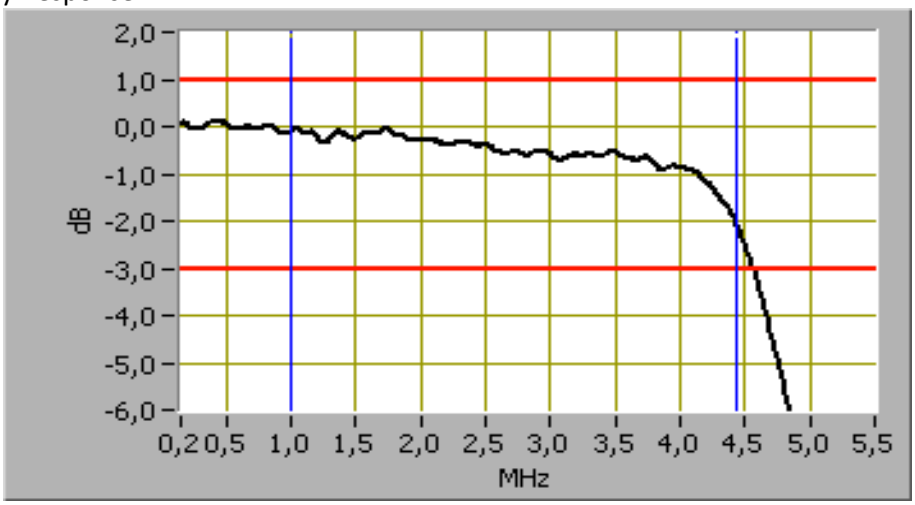


Channel: e45 663,25 MHz

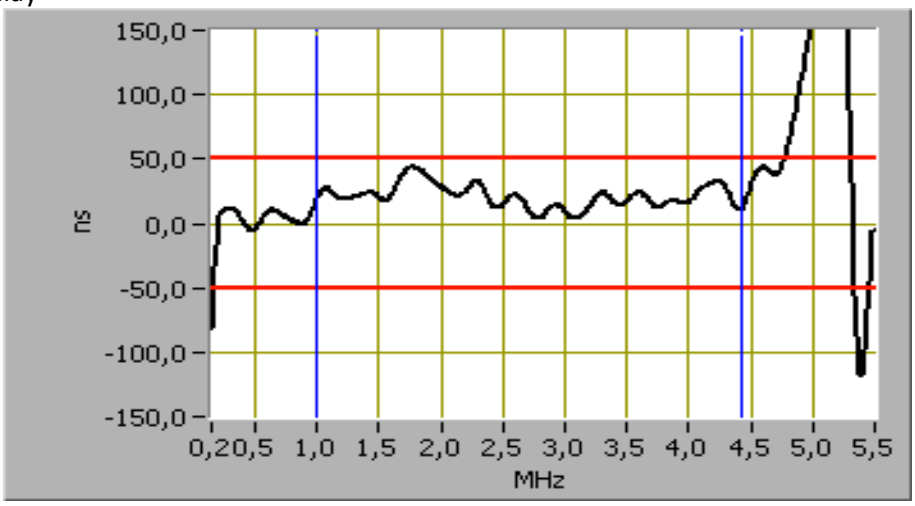


TV System: **B/G** **BG_General**
Channel: **s20** **(294,25 MHz)**
RF Level: **80,0** **dBuV/75 Ohm Terminated**

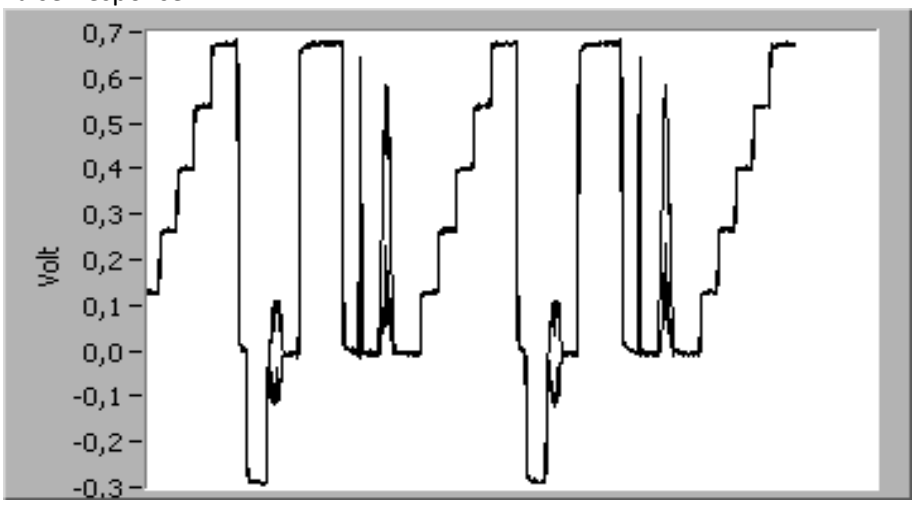
Frequency Response



Group Delay



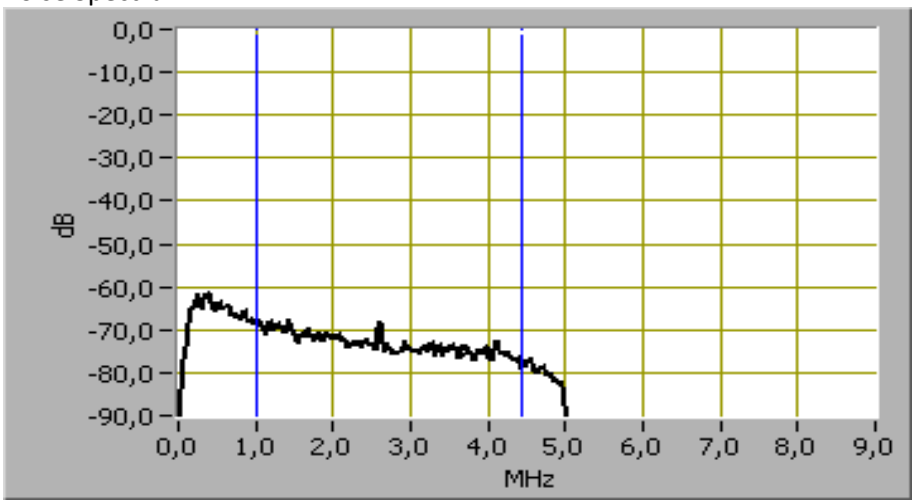
Pulse Response



TV System: B/G BG_General
Channel: s20 (294,25 MHz)
RF Level: 80,0 dBuV/75 Ohm Terminated

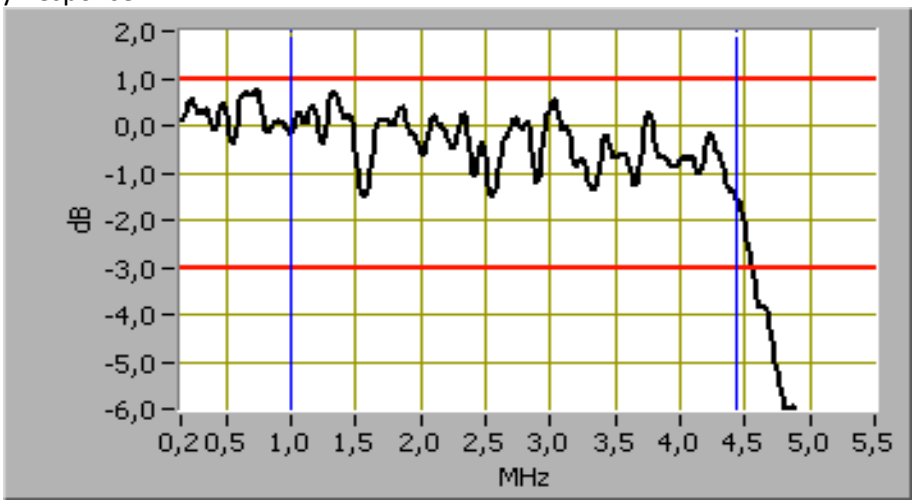
Parameter Name	Value	Units
Luminance Bar Amplitude(abs)	676,5	mV
Sync Amplitude(abs)	284,5	mV
Burst Amplitude(abs)	219,5	mV
C/L Gain of mod. Pulse	-15,7	%/bar
C/L Delay of mod. Pulse	-3,9	ns
Baseline Distortion	2,7	%/bar
2T Pulse Amplitude	-3,9	%/bar
2T Pulse k-factor	0,8	%/k
C/L Intermodulation Pulse	-0,8	%/bar
Differential Gain (pp)	0,8	%
Differential Phase (pp)	2,3	deg
Sin x/x Group Delay (pos)	1140,3	ns/grat
Sin x/x Amplitude (pos)	1,8	dB/grat
Luminance Noise Unw (nom)	51,1	dB/nom
Luminance Noise Unw (bar)	50,8	dB/bar
Luminance Noise Lum W (nom)	58,5	dB/nom
Luminance Noise Lum W (bar)	58,2	dB/bar
2T Pulse	2,34	% Over-Shoot

Noise Spectrum

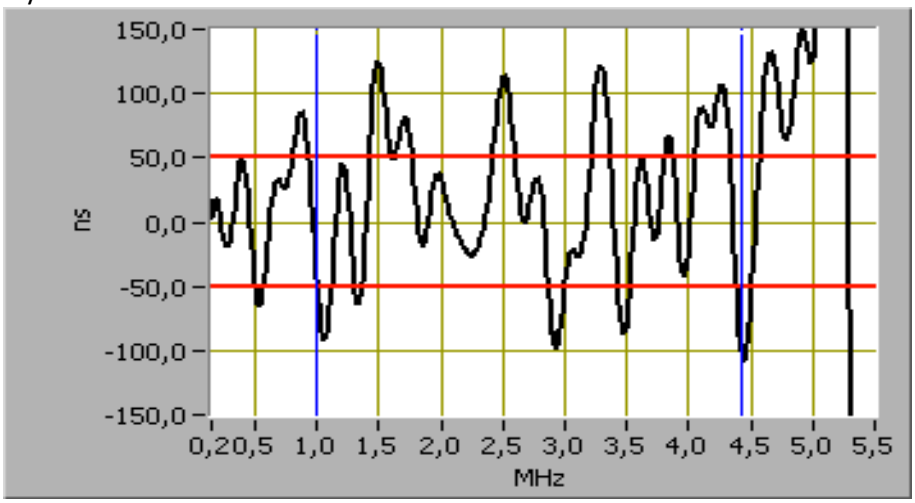


TV System: B/G BG_General
Channel: s20 (294,25 MHz)
RF Level: 40,0 dBuV/75 Ohm Terminated

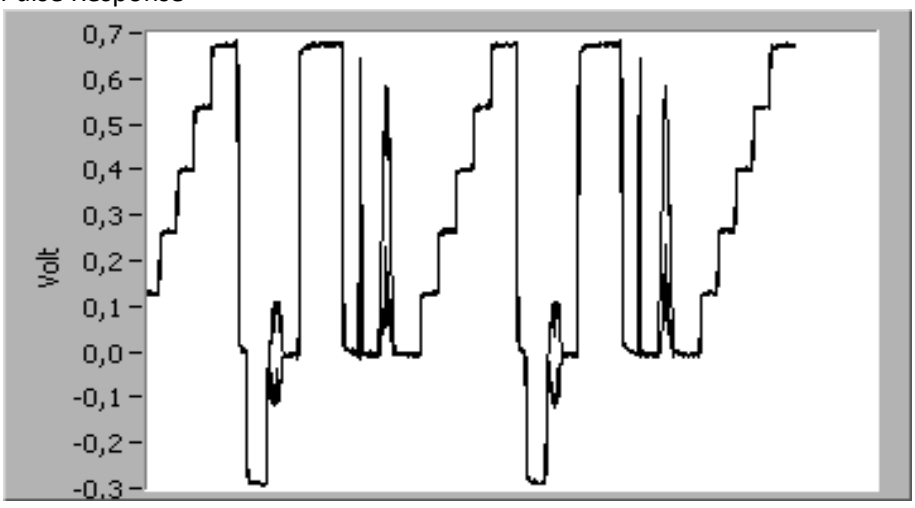
Frequency Response



Group Delay



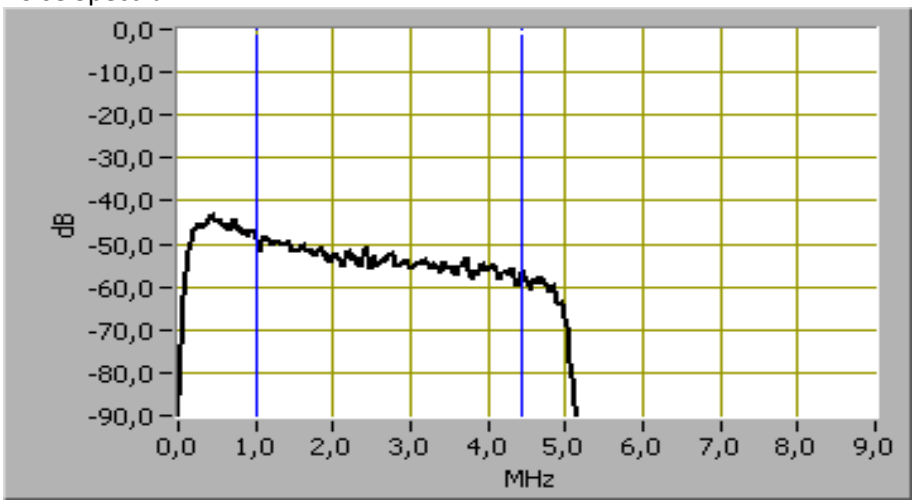
Pulse Response



TV System: B/G BG_General
Channel: s20 (294,25 MHz)
RF Level: 40,0 dBuV/75 Ohm Terminated

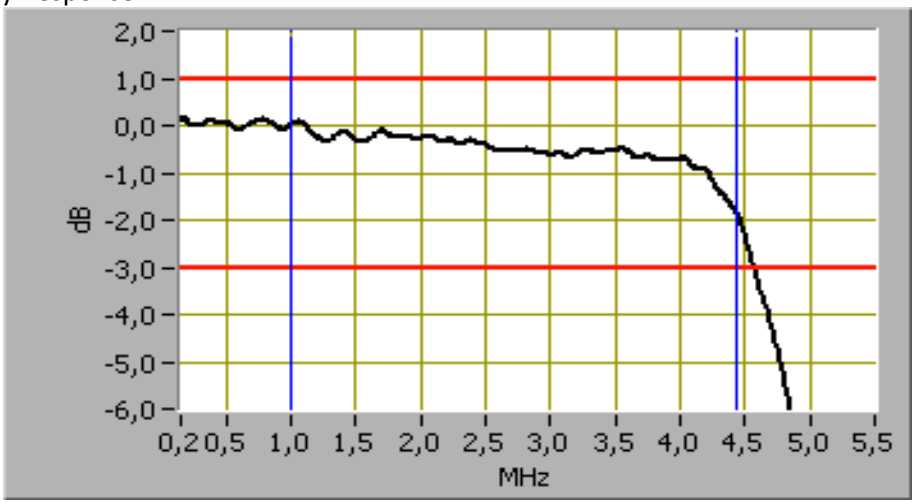
Parameter Name	Value	Units
Luminance Bar Amplitude(abs)	677,1	mV
Sync Amplitude(abs)	284,5	mV
Burst Amplitude(abs)	223,3	mV
C/L Gain of mod. Pulse	-17,2	%/bar
C/L Delay of mod. Pulse	-1,9	ns
Baseline Distortion	2,9	%/bar
2T Pulse Amplitude	-4,9	%/bar
2T Pulse k-factor	1,5	%/k
C/L Intermodulation Pulse	1,4	%/bar
Differential Gain (pp)	2,3	%
Differential Phase (pp)	3,7	deg
Sin x/x Group Delay (pos)	470,4	ns/grat
Sin x/x Amplitude (pos)	2,9	dB/grat
Luminance Noise Unw (nom)	31,5	dB/nom
Luminance Noise Unw (bar)	31,2	dB/bar
Luminance Noise Lum W (nom)	39,4	dB/nom
Luminance Noise Lum W (bar)	39,1	dB/bar
2T Pulse	1,53	% Over-Shoot

Noise Spectrum

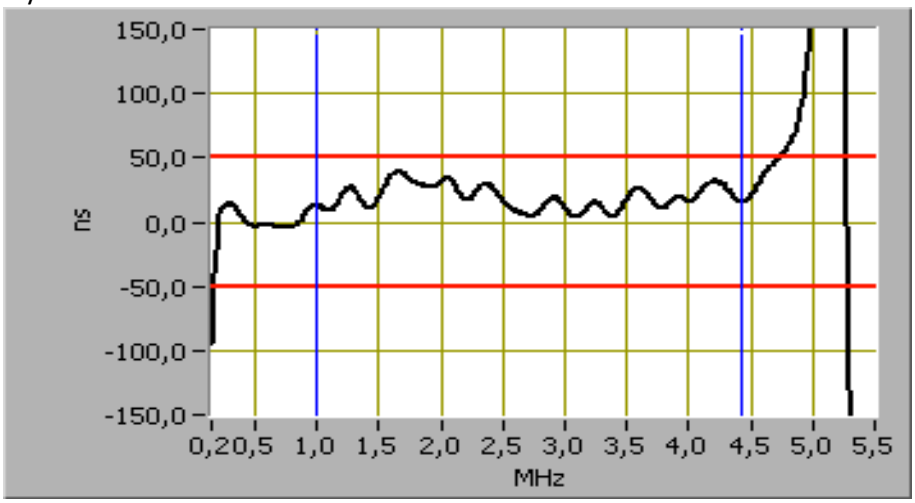


TV System: **B/G** **BG_General**
Channel: **e45** **(663,25 MHz)**
RF Level: **80,0** **dBuV/75 Ohm Terminated**

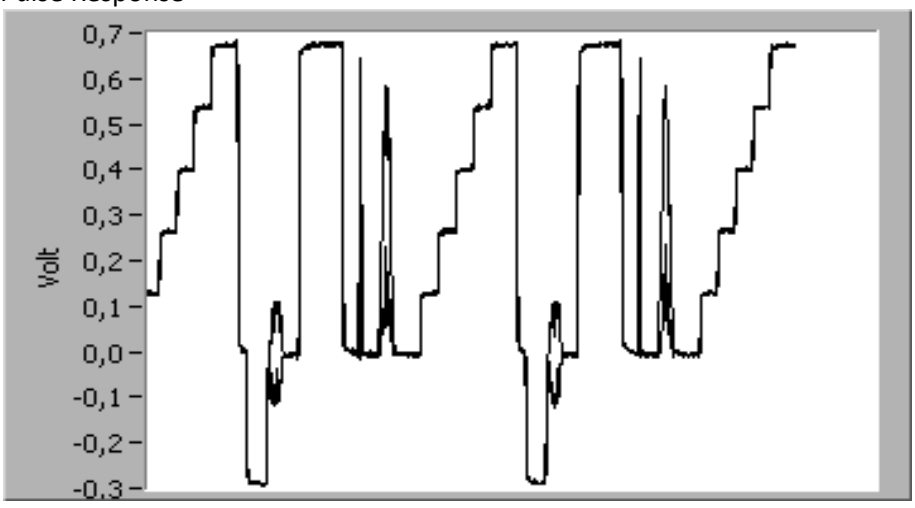
Frequency Response



Group Delay



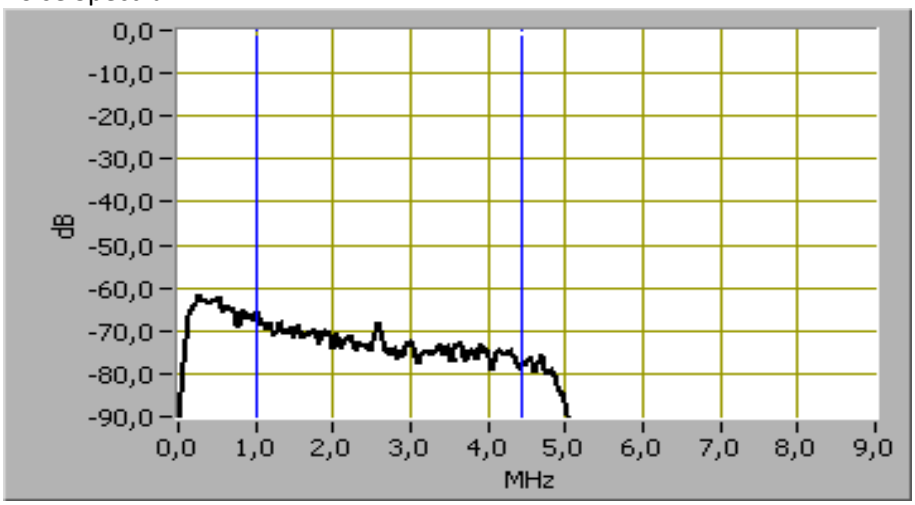
Pulse Response



TV System: B/G BG_General
Channel: e45 (663,25 MHz)
RF Level: 80,0 dBuV/75 Ohm Terminated

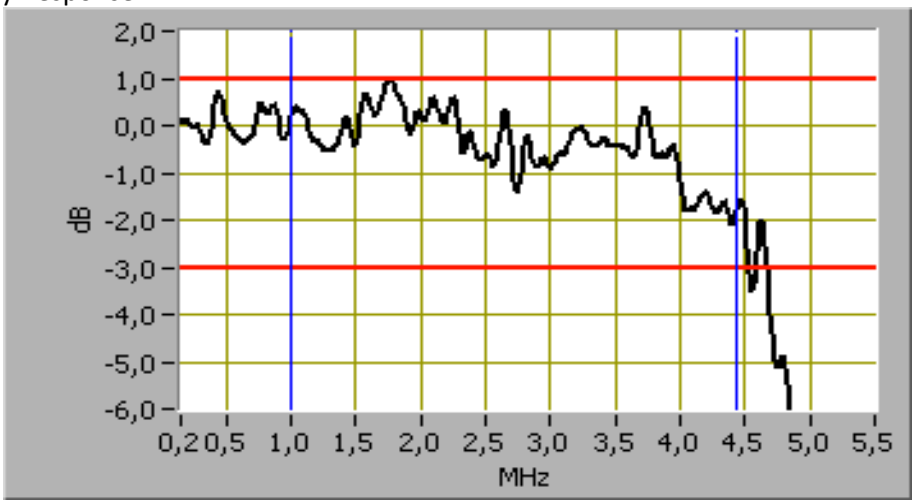
Parameter Name	Value	Units
Luminance Bar Amplitude(abs)	676,1	mV
Sync Amplitude(abs)	283,7	mV
Burst Amplitude(abs)	221,9	mV
C/L Gain of mod. Pulse	-16,4	%/bar
C/L Delay of mod. Pulse	-0,3	ns
Baseline Distortion	2,9	%/bar
2T Pulse Amplitude	-3,6	%/bar
2T Pulse k-factor	0,8	%/k
C/L Intermodulation Pulse	-1,0	%/bar
Differential Gain (pp)	0,9	%
Differential Phase (pp)	2,2	deg
Sin x/x Group Delay (pos)	914,6	ns/grat
Sin x/x Amplitude (pos)	2,2	dB/grat
Luminance Noise Unw (nom)	50,8	dB/nom
Luminance Noise Unw (bar)	50,5	dB/bar
Luminance Noise Lum W (nom)	58,2	dB/nom
Luminance Noise Lum W (bar)	57,9	dB/bar
2T Pulse	2,04	% Over-Shoot

Noise Spectrum

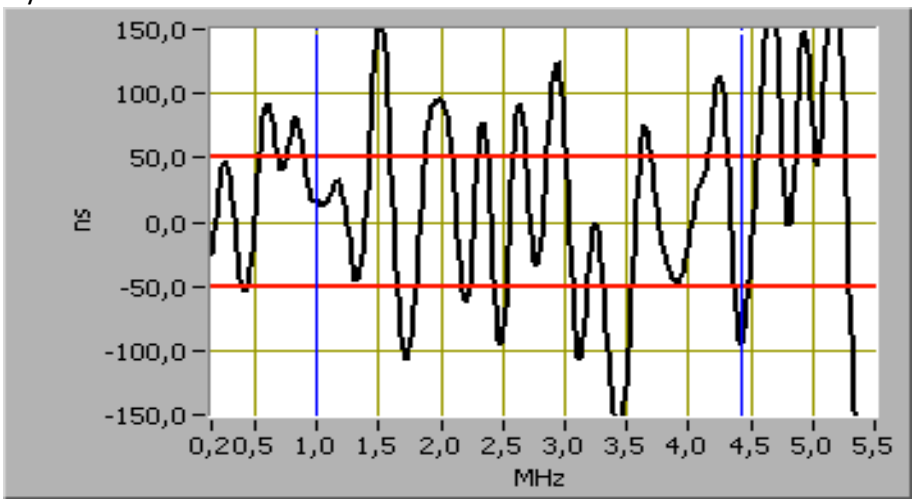


TV System: **B/G** **BG_General**
Channel: **e45** **(663,25 MHz)**
RF Level: **40,0** **dBuV/75 Ohm Terminated**

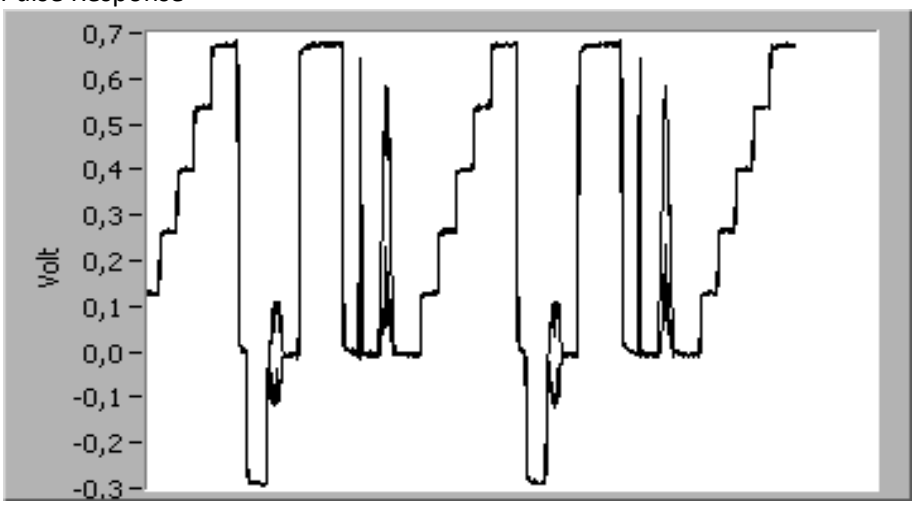
Frequency Response



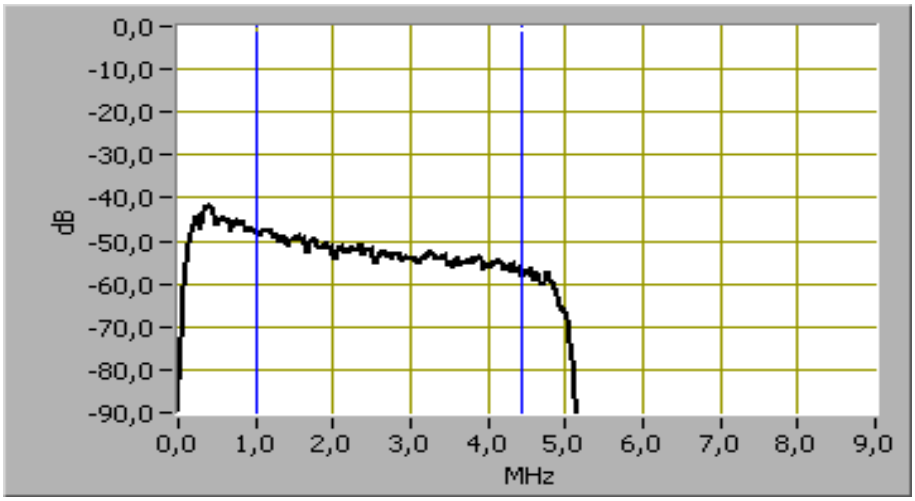
Group Delay



Pulse Response



TV System: B/G BG_General
Channel: e45 (663,25 MHz)
RF Level: 40,0 dBuV/75 Ohm Terminated

Parameter Name	Value	Units
Luminance Bar Amplitude(abs)	672,2	mV
Sync Amplitude(abs)	279,6	mV
Burst Amplitude(abs)	213,3	mV
C/L Gain of mod. Pulse	-16,7	%/bar
C/L Delay of mod. Pulse	-4,3	ns
Baseline Distortion	2,4	%/bar
2T Pulse Amplitude	-4,5	%/bar
2T Pulse k-factor	1,0	%/k
C/L Intermodulation Pulse	1,7	%/bar
Differential Gain (pp)	2,2	%
Differential Phase (pp)	3,4	deg
Sin x/x Group Delay (pos)	619,8	ns/grat
Sin x/x Amplitude (pos)	2,8	dB/grat
Luminance Noise Unw (nom)	31,2	dB/nom
Luminance Noise Unw (bar)	30,8	dB/bar
Luminance Noise Lum W (nom)	38,9	dB/nom
Luminance Noise Lum W (bar)	38,6	dB/bar
2T Pulse	1,91	% Over-Shoot

Noise Spectrum