

Transmisión y recepción de la señal de televisión

Javier Gago Barrio

PID_00206151



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 España de Creative Commons. Podéis copiarlos, distribuirlos y transmitirlos públicamente siempre que citéis el autor y la fuente (FUOC. Fundació para la Universitat Oberta de Catalunya), no hagáis de ellos un uso comercial y ni obra derivada. La licencia completa se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es>

Índice

Introducción	5
1. Conversión ascendente a canal de RF	7
1.1. Conversión en televisión digital	7
2. Estructura de la red de transporte TDT	9
3. Receptor de televisión	11
4. Circuitos electrónicos en receptores universales de televisión	12
4.1. Chip decodificador de canal satélite	13
4.1.1. Sintonizador satélite	13
4.1.2. Bloques para la extracción de TS	14
4.2. Chip decodificador de canal por cable	14
4.2.1. Sintonizador del receptor por cable	14
4.2.2. Bloques para la extracción de TS	15
4.3. Chip decodificador de canal terrestre	15
4.3.1. Sintonizador terrestre o de TDT	16
4.3.2. Bloques para la extracción de TS	16
4.4. Sistema decodificador de fuente	17
Bibliografía	19

Introducción

En este módulo se presentan las estructuras de los sistemas que convierten la señal de televisión en un canal de RF adecuado para transmitir por satélite, cable o terrestre, tanto en analógico como en digital. En segundo lugar, describir las redes de transporte inalámbrico de la señal de televisión desde sus centros emisores hasta los receptores finales. Y por último, detallar los bloques electrónicos de los receptores de televisión, describiendo las funciones de los chips genéricos de decodificación de canal satélite, cable y terrestre, y los sistemas microprocesador que convierte el flujo de datos de transporte TS en señal de vídeo en banda base analógica, y digital, preparada para ser reproducida por un monitor de televisión.

En la figura 1 se indica el bloque de la cadena televisiva que se desarrolla en este módulo:

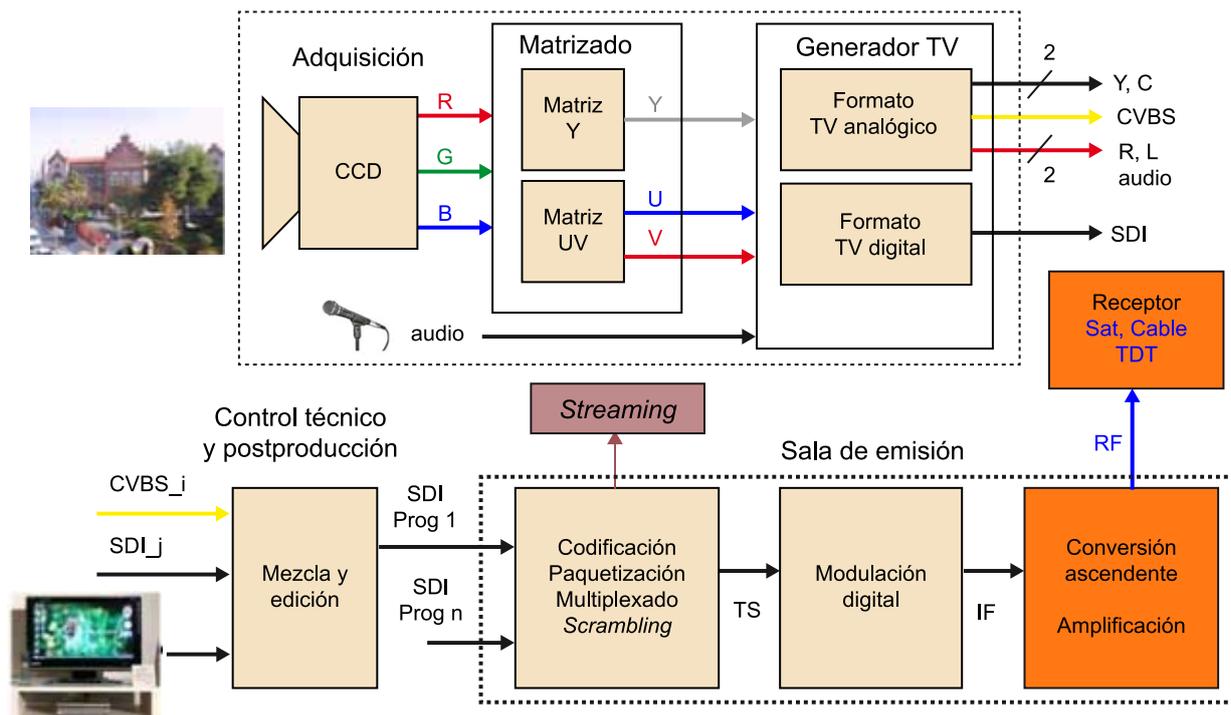


Figura 1. Cadena televisiva. En naranja se indica los bloques que se desarrollan en este módulo.

La transmisión de la señal de televisión hasta los receptores particulares no se hace de forma directa, sino a través de redes de telecomunicaciones que incluyen sistemas basados en satélite, redes de cable y de antenas terrestres. En cada uno de estos sistemas, la distribución por canales y la asignación de portadoras es diferente. En todos ellos se debe dar un paso previo, que es la conversión de la señal digital al canal de transmisión correspondiente. Después de la modulación digital, la señal tiene el espectro alrededor de una frecuencia intermedia

FI (70 MHz en satélite y 36,15 MHz en cable y terrestre). Una vez hecho esto, hace falta un convertor ascendente para elevar la frecuencia portadora, asignarle el canal y amplificarla y adaptarla a la interfaz de transmisión adecuada: antena parabólica para satélite, interfaz para cable o fibra óptica, antena terrestre o interfaz IP. En la figura 2 se muestra el esquema de la transmisión de la señal digital, desde la adquisición de programas de televisión en SDI hasta su conversión ascendente para ser inyectada en la red de *broadcasting*.

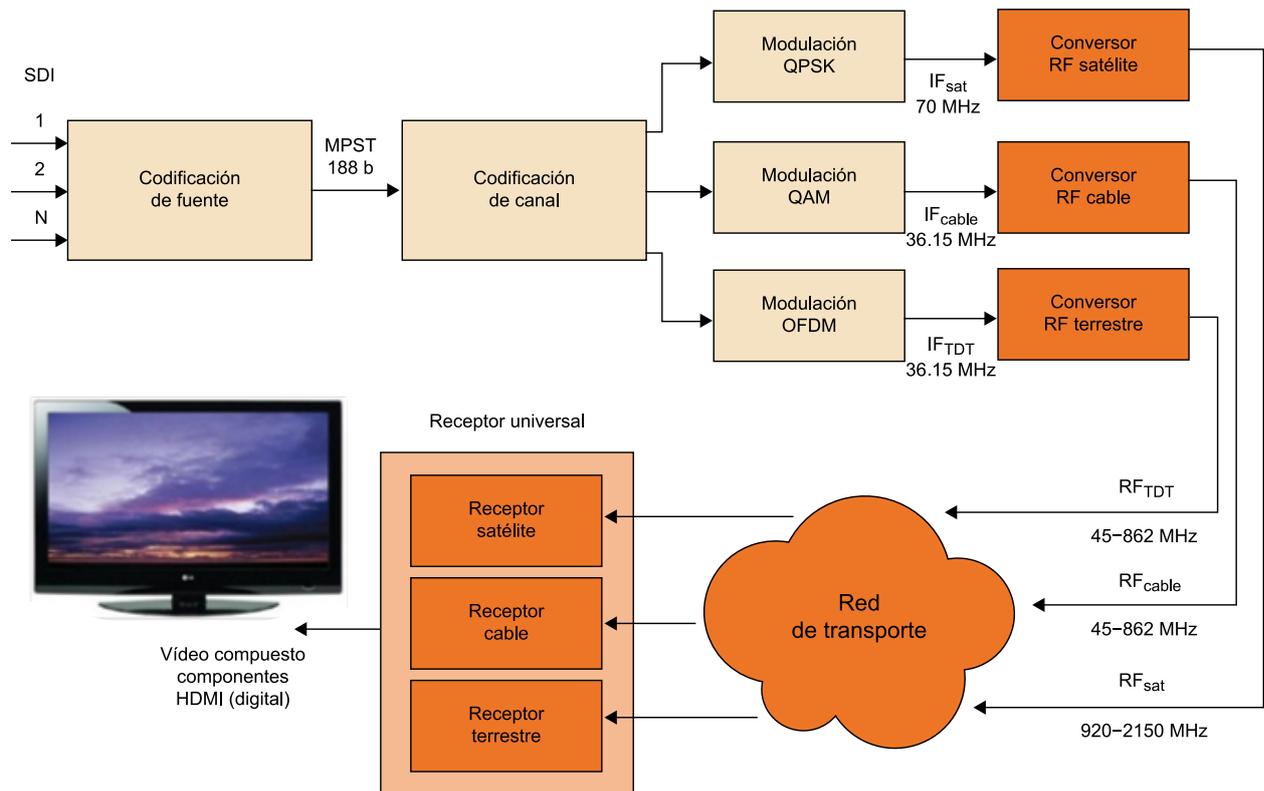


Figura 2. Esquema de la transmisión y recepción de la señal de televisión digital

El **receptor universal** de señal de televisión (*set-up-box*) tiene como entradas puertos que conectan con antena terrestre y parabólica, cable o fibra óptica, conexión IP para red de ordenadores, e interfaces informáticas, como puertos USB, memoria externa, *wi-fi*, *bluetooth*, *infrarrojos*, etc.

El receptor decodifica cualquier tipo de formato analógico y digital y entrega a la salida la señal de televisión seleccionada por el usuario en cualquier formato analógico y digital estándar. También debe tener lector de tarjetas para programas de pago. Obviamente, no todos los receptores tienen todas estas opciones, pero en este capítulo describiremos el esquema de un receptor universal genérico, que, actualmente, está integrado en el reproductor o pantalla de televisión.

1. Conversión ascendente a canal de RF

La conversión ascendente es el último paso antes de emitir la señal a la red de transmisión, y consiste en una modulación AM con una portadora que se corresponde con la frecuencia central del canal de radiofrecuencia (RF) asignado, un filtro que adecúe la señal a la banda del canal y un amplificador que asigne la potencia precisa para alcanzar el siguiente punto de retransmisión con suficiente SNR (relación señal-ruido), pero de manera que no supere el valor que provoca la aparición de no linealidades y productos de intermodulación no deseados.

Nota

Dado que hoy en día ya no se usa la transmisión de televisión analógica, por lo que en este apartado nos centramos en la transmisión y recepción de la televisión digital.

1.1. Conversión en televisión digital

La modulación AM de la señal de televisión digital para realizar la conversión ascendente cambia la portadora de la modulación digital (FI) a una portadora de RF de frecuencia más elevada, que es la frecuencia central del canal de comunicación. Dichos canales de comunicación tienen un ancho de banda que solo permite ubicar un programa de televisión analógico (5 a 8 MHz en cable/terrestre y 27 a 36 MHz en satélite).

Sin embargo, el mismo canal de comunicación puede ubicar varios programas de televisión digital (de 4 a 6 dependiendo del ancho de banda de cada uno) porque en el proceso de compresión MPEG se multiplexan varios programas de televisión digital SDI en un solo *multiprogram transport stream* (MPTS). Este *stream* se protege contra errores en la codificación de canal y se modula digitalmente con una portadora en FI; es decir, la portadora FI ya transporta todos los programas de televisión digital del MPTS y el proceso de conversión ascendente tan solo traslada toda esa información a una portadora más elevada. No obstante, a continuación se debe filtrar paso banda para adecuar la señal al ancho de banda del canal. Por último, la señal se amplifica adecuadamente para poder excitar la antena (satélite o terrestre), o el acondicionador de televisión por cable, con la potencia necesaria para llegar a su destino.

Las frecuencias y el ancho de banda de canal para cada medio de transmisión se resumen en la siguiente tabla. El tipo de modulación ya tiene en cuenta el filtrado posterior de la señal para adecuarla al canal correspondiente:

	Satélite	Cable	Terrestre
Estándar DVB	DVB-S	DVB-C	DVB-T
Canal de salida	920-2.150 MHz	45-862 MHz	45-862 MHz
Tipo de modulación	QPSK	64-QAM	OFDM

	Satélite	Cable	Terrestre
Ancho de banda por canal	27-36 MHz	5-8 MHz	5-8 MHz

Frecuencias, modulación y ancho de banda de RF en el estándar DVB

2. Estructura de la red de transporte TDT

La retransmisión de la señal TDT por una red de difusión inalámbrica se realiza acoplando mediante antena terrestre la señal de RF a una red de transporte terrestre formada por una estructura de centros reemisores que recogen la señal a distancias en las que necesita ser regenerada mediante una antena receptora, la amplifican y la reenvían mediante una antena transmisora. La localización de estos centros reemisores se calcula y se comprueba experimentalmente para cubrir la zona geográfica que se desee.

Para cubrir zonas muy alejadas del centro emisor, se recurre a la transmisión vía satélite.

La señal procedente de la red de transporte y de los satélites se inyecta en una red de difusión local, cuya misión es hacer llegar la señal a los receptores domésticos con una amplitud y una SNR suficiente para que pueda ser detectada con la calidad adecuada.

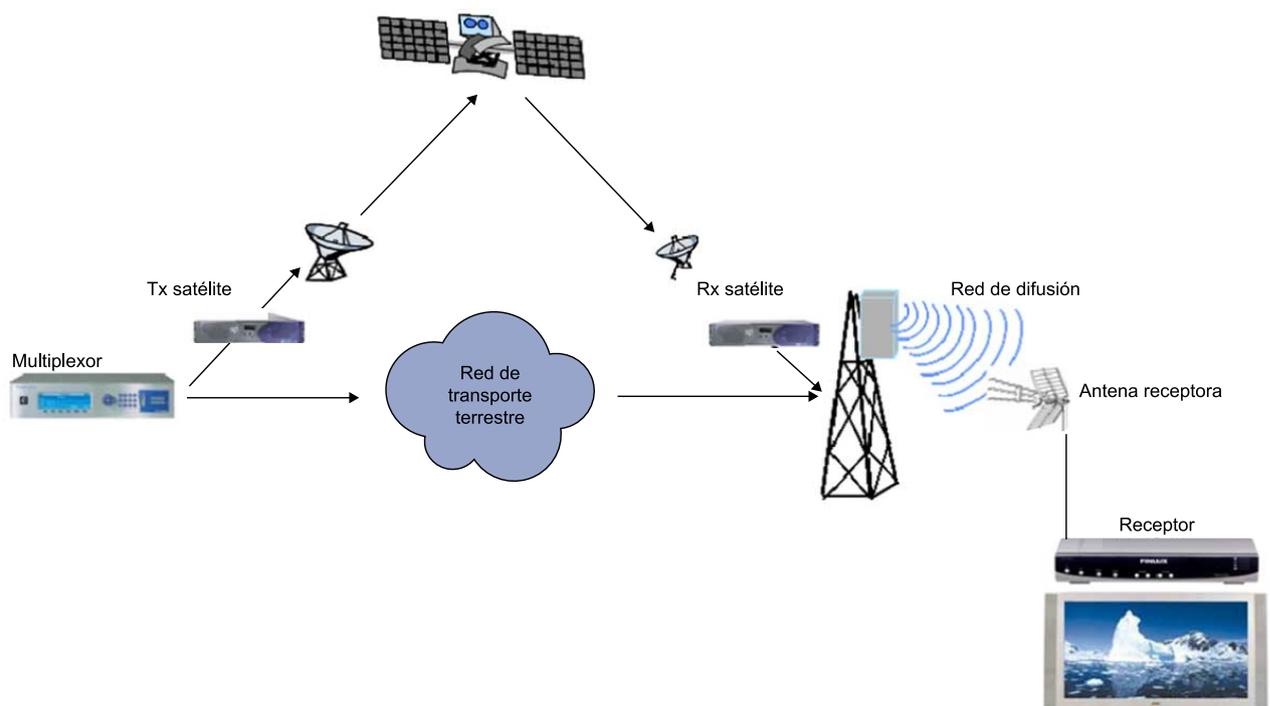


Figura 3. Esquema general del sistema de radiodifusión de la señal TDT

La **red de transporte** suele estar estructurada en centros reemisores que se suelen llamar cabeceras:

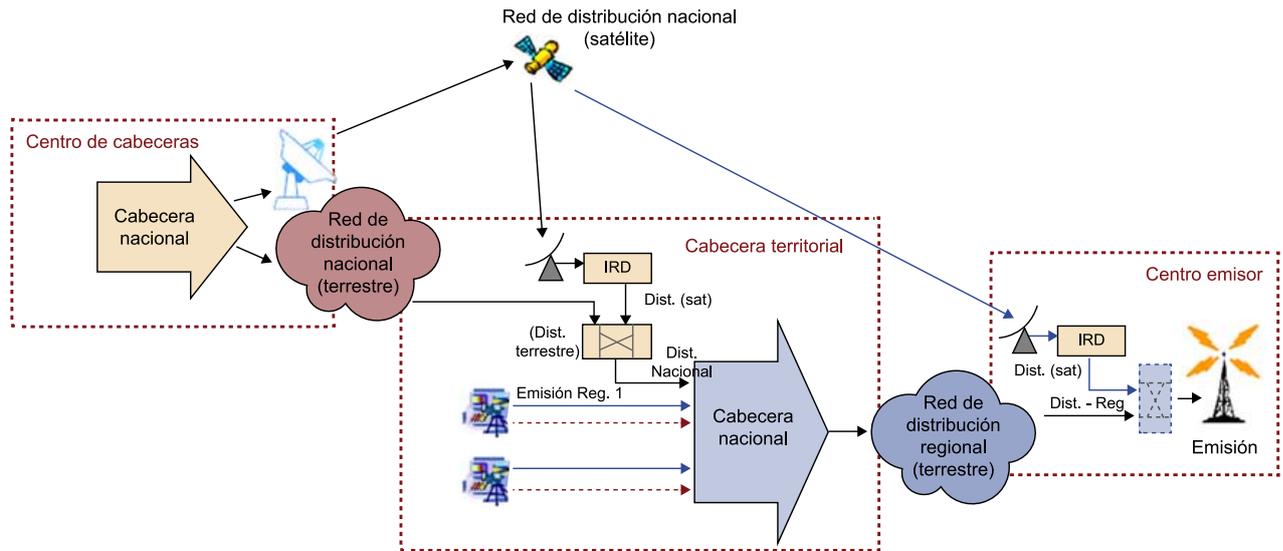


Figura 4. Distribución jerárquica de la radiodifusión de TDT

Inicialmente, la señal parte del **centro de cabeceras**, que es la fuente original de los programas de televisión. En dicho centro hay ubicada una **cabecera nacional** que dirige la señal hacia la red de distribución nacional por satélite y hacia la red de distribución nacional terrestre.

La red nacional terrestre enlaza con las **cabeceras territoriales**, donde se reciben las emisiones nacionales terrestres y por satélite, y se enlazan con las emisiones regionales. Las **cabeceras regionales**, que se hallan en las cabeceras territoriales, se encargan de inyectar todas estas emisiones a la red de distribución regional terrestre.

Por último, la red de distribución regional terrestre y la red de distribución nacional por satélite entrega las emisiones al **centro emisor** que difunde todos los programas a los receptores domésticos.

3. Receptor de televisión

Dado que la evolución tecnológica en este campo es muy rápida, no se pretende en este módulo dar un esquema exhaustivo del receptor de televisión, nos centraremos en la identificación de bloques genéricos de conversión de señal, desde su recepción en canal de RF hasta su plena decodificación como señal de televisión en banda base, analógica o digital. El formato estándar de estas señales serán el vídeo compuesto o señal en componentes para la reproducción analógica, y la señal digital en formato HDMI o similares para la reproducción digital.

La recepción comporta tres pasos:

- Sintonización de canal.
- Bajada de la frecuencia a canal intermedio.
- Demodulación y obtención de señal en banda base.

Los dos primeros pasos se realizan con circuitos similares en receptores analógicos y digitales (tanto de satélite, cable o terrestre), pero el tercero es diferente en cada uno de los receptores. Normalmente se dispone de un receptor universal que contiene todos los circuitos para recuperar todo tipo de señal analógica, digital y la que se transmite por internet.

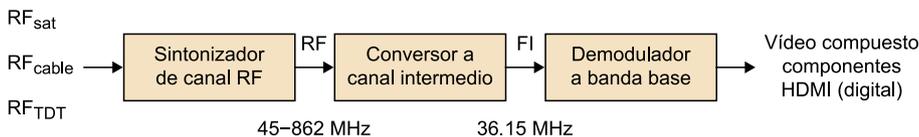


Figura 5. Diagrama de bloques de un receptor de televisión

A continuación vamos a profundizar más en los circuitos electrónicos que forman los receptores de satélite, cable y terrestres.

4. Circuitos electrónicos en receptores universales de televisión

Los receptores universales de televisión pueden recibir señal de televisión desde cualquier medio de transmisión (satélite, cable, terrestre, internet...).

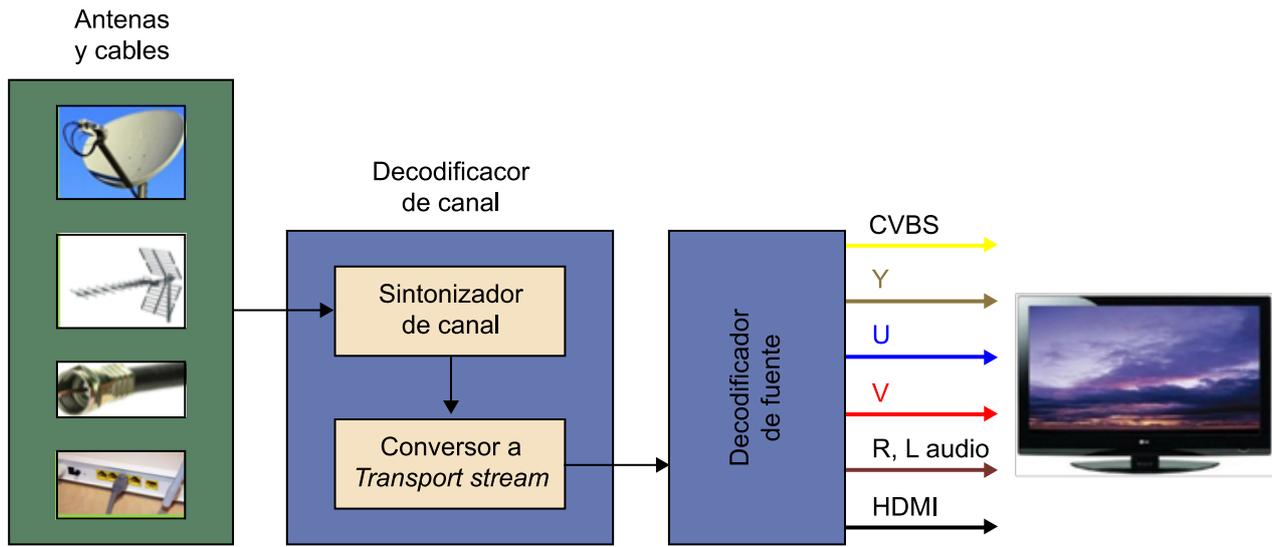


Figura 6. Diagrama de bloques de los circuitos de un receptor universal de televisión

Los receptores universales de televisión constan de dos circuitos fundamentales:

- **Decodificador de canal.** Es un chip específico para cada medio (satélite, cable o terrestre) que extrae los paquetes del *transport stream* (TS) a partir de la señal de RF recibida. Consta de dos partes:
 - **Sintonizador de canal.** Selecciona el canal de RF deseado por el usuario y lo baja a canal de frecuencia intermedia (FI).
 - **Convertor a TS (*transport stream*).** Convierte la señal de canal FI en paquetes de TS aplicando la demodulación y decodificación correspondiente a cada medio.
- **Decodificador de fuente.** Es un circuito común a todos los medios de transmisión y consiste en convertir los paquetes de TS en información de vídeo y audio en banda base, en formato analógico y digital. Esta información se reproduce directamente por el monitor de televisión correspondiente.

A continuación veremos la composición de estos circuitos.

4.1. Chip decodificador de canal satélite

El chip decodificador de canal satélite sintoniza el canal satélite que se desea visualizar y extrae el *transport stream* (TS). La composición interna del chip puede ser muy variada, y además evoluciona constantemente, no obstante, su diagrama de bloques general sería el siguiente:

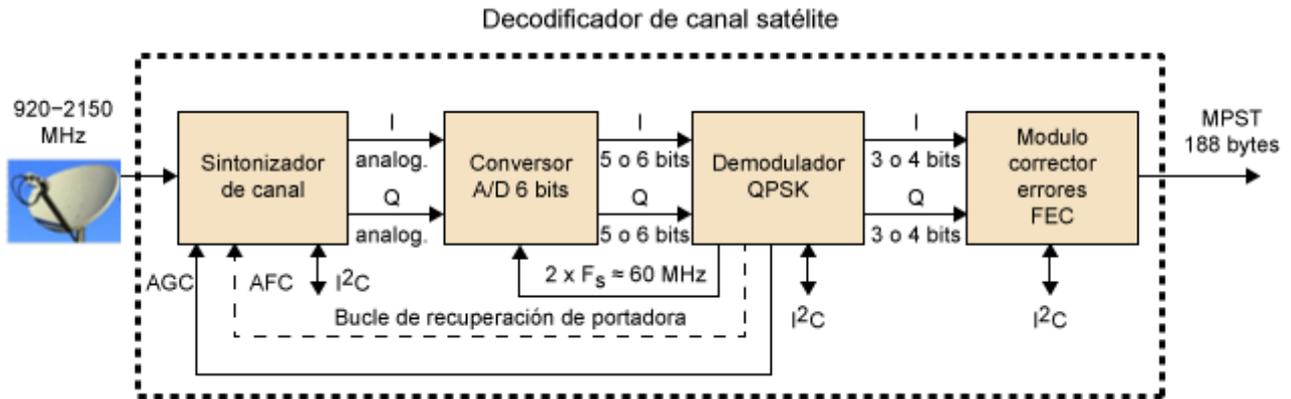


Figura 7. Esquema general del chip decodificador de canal satélite

A continuación damos una descripción general de sus bloques: sintonizador de satélite, convertidor analógico a digital (ADC), demodulador digital QPSK y módulo corrector de errores FEC.

4.1.1. Sintonizador satélite

El sintonizador satélite selecciona el canal de RF (entre 950 y 2150 MHz) a través de un bus I²C y lo convierte a una FI (frecuencia intermedia) de 480 MHz. El bus I²C conduce los datos de canal elegido por el usuario hasta el sintetizador de frecuencia del chip decodificador de canal. Seguidamente se demodula coherentemente para obtener las señales I y Q en una banda de FI de 480 MHz.

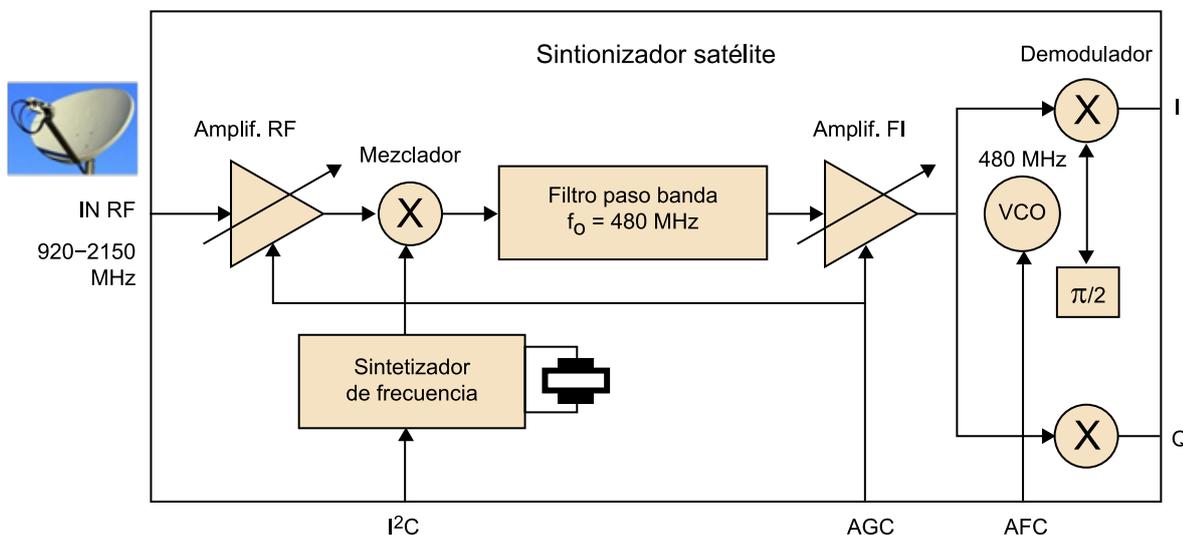


Figura 8. Esquema del sintonizador satélite

4.1.2. Bloques para la extracción de TS

La señal en FI se digitaliza en el convertidor AD (ADC) y se obtiene las señales IQ con 6 bits de resolución a una frecuencia de muestreo superior a 60 MHz, para obtener símbolos de 30 MHz.

A continuación se le aplica la demodulación digital QPSK. En este bloque también se recupera la señal de reloj y de portadora. La salida es la información binaria de los símbolos recibidos.

Por último, se realiza la detección y corrección de errores en el bloque FEC, realizando las operaciones inversas que se han implementado en el transmisor.

La salida de estos bloques son paquetes de 188 bytes que forman el TS comprimido según norma MPEG.

4.2. Chip decodificador de canal por cable

La composición del chip decodificador de canal por cable es muy similar a la del satélite. Cambia el sintonizador, ya que los canales de RF y la frecuencia intermedia tienen otros valores y también el número de bits del convertidor AD y el proceso de demodulación digital y corrección de errores correspondiente a la transmisión por cable, ya que es diferente a las de transmisión por satélite.

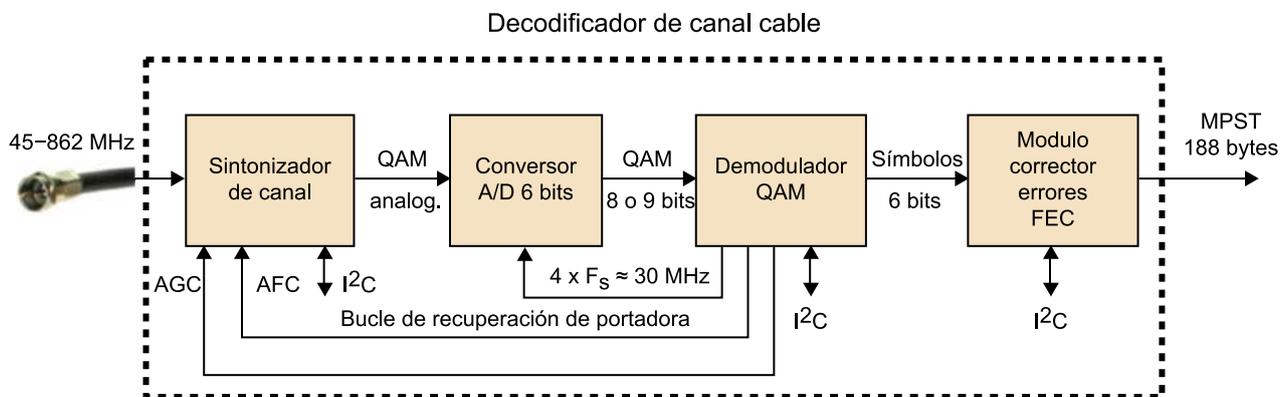


Figura 9. Esquema general del chip decodificador de canal por cable

4.2.1. Sintonizador del receptor por cable

EL sintonizador del receptor por cable selecciona el canal de RF entre 47 y 860 MHz, a través del bus I²C, y lo convierte a una FI de 36,15 MHz y después lo demodula coherentemente para obtener la señal de símbolo QAM a frecuencia de 6,875 MHz.

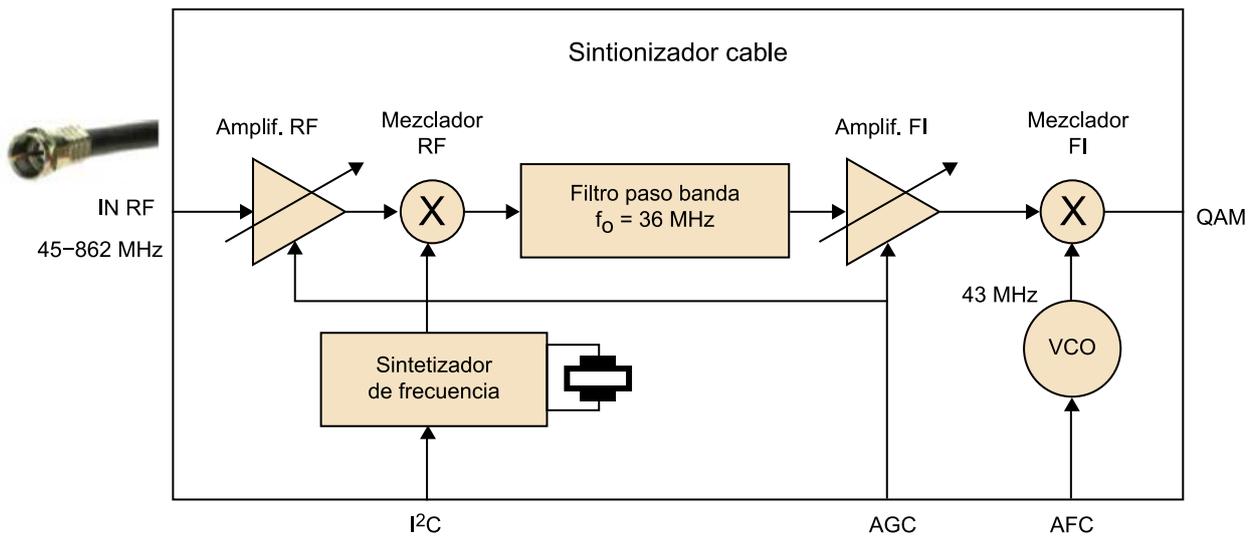


Figura 10. Esquema del sintonizador por cable

4.2.2. Bloques para la extracción de TS

La señal QAM se digitaliza en el convertidor AD con 8 o 9 bits de resolución, a una frecuencia de muestreo igual a 4 veces la frecuencia de símbolo (6,875 MHz).

A continuación, el demodulador digital QAM recupera la señal de reloj y de portadora, y prepara los bits para que el FEC pueda detectar y corregir los errores pertinentes y extraer los paquetes de TS.

En las modulaciones QAM la recuperación de la fase se realiza gracias a que los 2 bits más significativos se modulan de forma diferencial; es decir, el estado de estos bits determina un cambio de fase y no una fase absoluta, lo que permite al receptor funcionar sin problemas, independientemente del cuadrante donde se haya anclado para la demodulación.

4.3. Chip decodificador de canal terrestre

El chip decodificador de canal terrestre es mucho más complejo que los de satélite y cable, ya que debe extraer la información de una señal modulada en COFDM. El sintonizador es similar al de cable, pero el resto del chip es diferente.

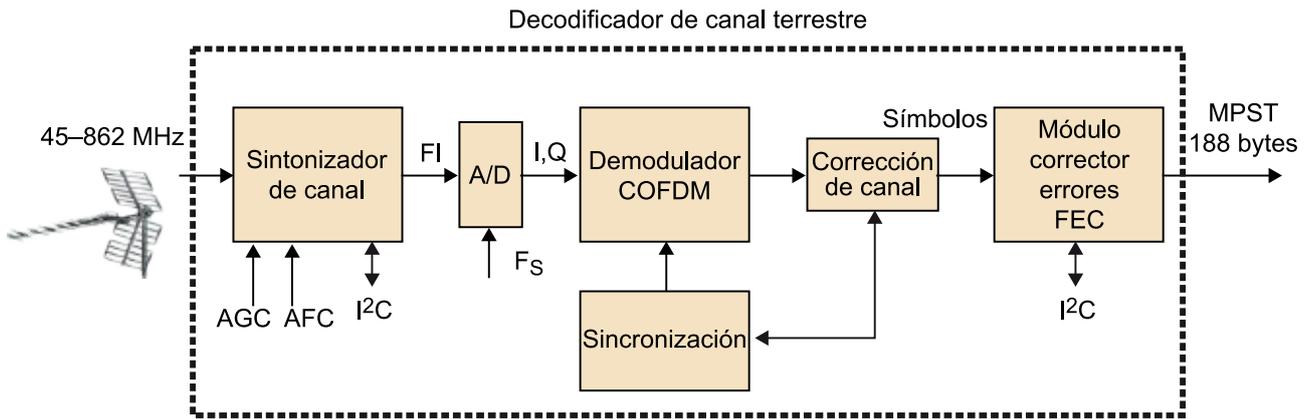


Figura 11. Esquema general del chip decodificador de canal terrestre

4.3.1. Sintonizador terrestre o de TDT

El sintonizador terrestre baja la señal de RF, entre 47 y 860 MHz, a FI de 36,15 MHz. Una segunda conversión, que puede estar incluida en la etapa siguiente de demodulación COFDM, la pasa a frecuencia de símbolo de 4,5 MHz.

4.3.2. Bloques para la extracción de TS

Igual que en los decodificadores anteriores, el ADC convierte de analógico a digital de 9 o 10 bits, con una frecuencia de muestreo de 20 MHz. Hay submuestreo si la señal tiene una FI de 36,15 MHz.

A continuación hay tres bloques en cascada:

- **Bloque demodulador COFDM**, que recupera las señales I y Q, y la señal COFDM mediante el cálculo de una FFT en 2K o 8K frecuencias, dependiendo del modo de la señal recibida.
- **Bloque de corrección de canal**, que estima el canal de transmisión y participa en la sincronización de tiempo y frecuencia. La sincronización realiza la corrección de tiempo y frecuencia en la demodulación COFDM.
- **Bloque corrector de errores FEC**, que realiza la detección y corrección de errores. Su salida es el flujo de transporte (*transport stream*, TS).

4.4. Sistema decodificador de fuente

Una vez obtenida la señal en paquetes de *transport stream*, el resto del proceso es similar en los tres tipos de receptores presentados. En la figura 12 se describe un sistema microprocesador genérico para realizar la conversión de *transport stream* a señal en banda base analógica (vídeo compuesto CVBS o componentes RGB o YUV) o digital (HDMI o similares). La señal en banda base es la que controla la reproducción por la pantalla de televisión y envía el audio a los altavoces correspondientes.

HDMI
High-definition multimedia interface (interfaz multimedia de alta definición) es una norma de audio y vídeo digital cifrado sin compresión, apoyada por la industria para que sea el sustituto del euroconector.

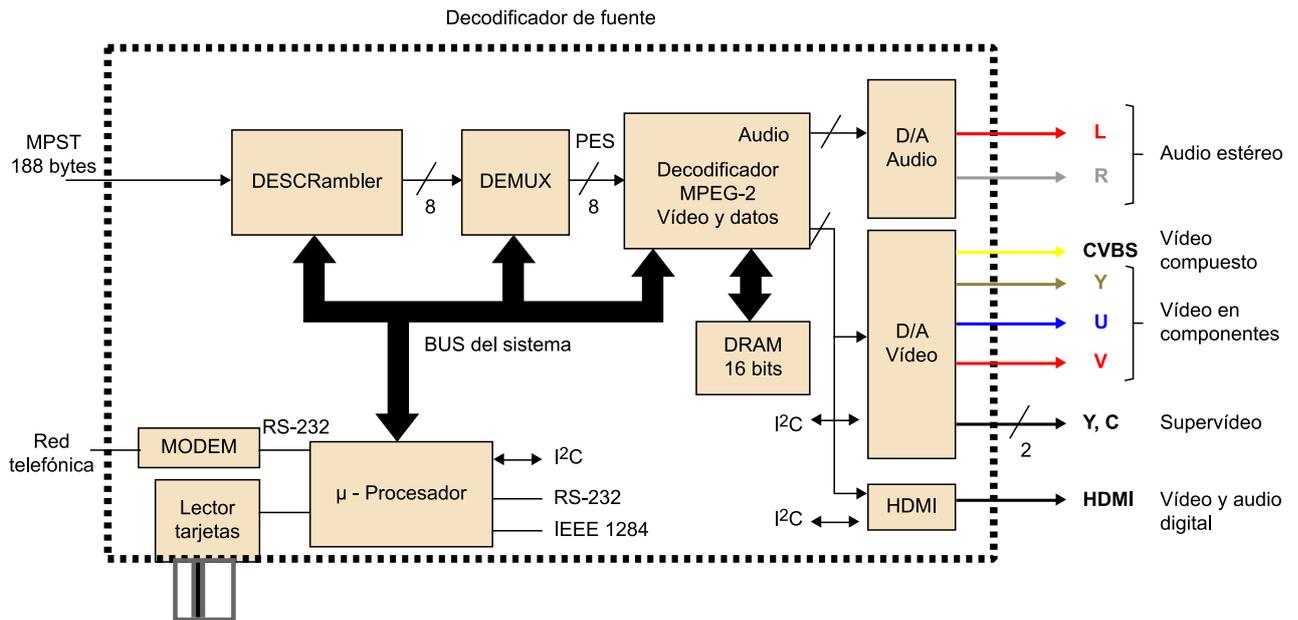


Figura 12. Esquema general del sistema decodificador de fuente

El microprocesador controla tres bloques que están conectados por el bus de datos:

- El primero **DESCR** o *descrambler*, que asegura la selección y descifrado de los paquetes de los programas elegidos. Los paquetes encriptados por temas de pago por visión se descifran con los datos obtenidos del puerto serie, que está conectado al lector de tarjetas y/o módem telefónico.
- El **demultiplexor** o DEMUX que selecciona con filtros programables los paquetes elementales de datos (PES) del programa elegido. Hay que recordar que el TS transporta varios programas de televisión que han sido modulados por la misma portadora, y con el DEMUX se seleccionan los datos correspondientes al programa elegido por el mando del usuario.
- El bloque **MPEG** que decodifica el formato MPEG del audio y del vídeo.

A la salida del bloque MPEG ya tenemos la información digitalizada en banda base y tan solo queda añadir los convertidores digital-analógico de audio y vídeo, que convierten las señales digitales en formatos analógicos de audio y

vídeo, y un bloque que convierte la información digital en formato HDMI, que es el formato estándar para conexión digital de vídeo y audio con el reproductor de televisión.

Bibliografía

Benoit, Hervé (1997). *Digital Television MPEG-1, MPEG-2 and principles of the DVB system* (cap. 1, pág. 3-15). Focal Press.

