

Transmissió i recepció del senyal de televisió

Javier Gago Barrio

PID_00206143



Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca>

Índex

Introducció	5
1. Conversió ascendent a canal d'RF	7
1.1. Conversió en televisió digital	7
2. Estructura de la xarxa de transport TDT	9
3. Receptor de televisió	11
4. Circuits electrònics en receptors universals de televisió	12
4.1. Xip descodificador del canal satèl·lit	13
4.1.1. Sintonitzador de satèl·lit	13
4.1.2. Blocs per a l'extracció de TS	14
4.2. Xip descodificador de canal per cable	14
4.2.1. Sintonitzador del receptor per cable	14
4.2.2. Blocs per a l'extracció de TS	15
4.3. Xip descodificador de canal terrestre	15
4.3.1. Sintonitzador terrestre o de TDT	16
4.3.2. Blocs per a l'extracció de TS	16
4.4. Sistema descodificador de font	17
Bibliografia	19

Introducció

En aquest mòdul es presenten les estructures dels sistemes que converteixen el senyal de televisió en un canal d'RF adequat per a transmetre per satèl·lit, cable o via terrestre, tant en analògic com en digital. En segon lloc, es descriuen les xarxes de transport sense fil del senyal de televisió des dels centres emissors fins als receptors finals. I finalment, es detallen els blocs electrònics dels receptors de televisió, descrivint les funcions dels xips genèrics de descodificació del canal satèl·lit, cable i terrestre, i els sistemes de microprocessador que converteixen el flux de dades de transport TS en un senyal de vídeo en banda base analògica, i digital, preparada per a ser reproduïda per un monitor de televisió.

En la figura 1 s'indica el bloc de la cadena televisiva que es desenvolupa en aquest mòdul:

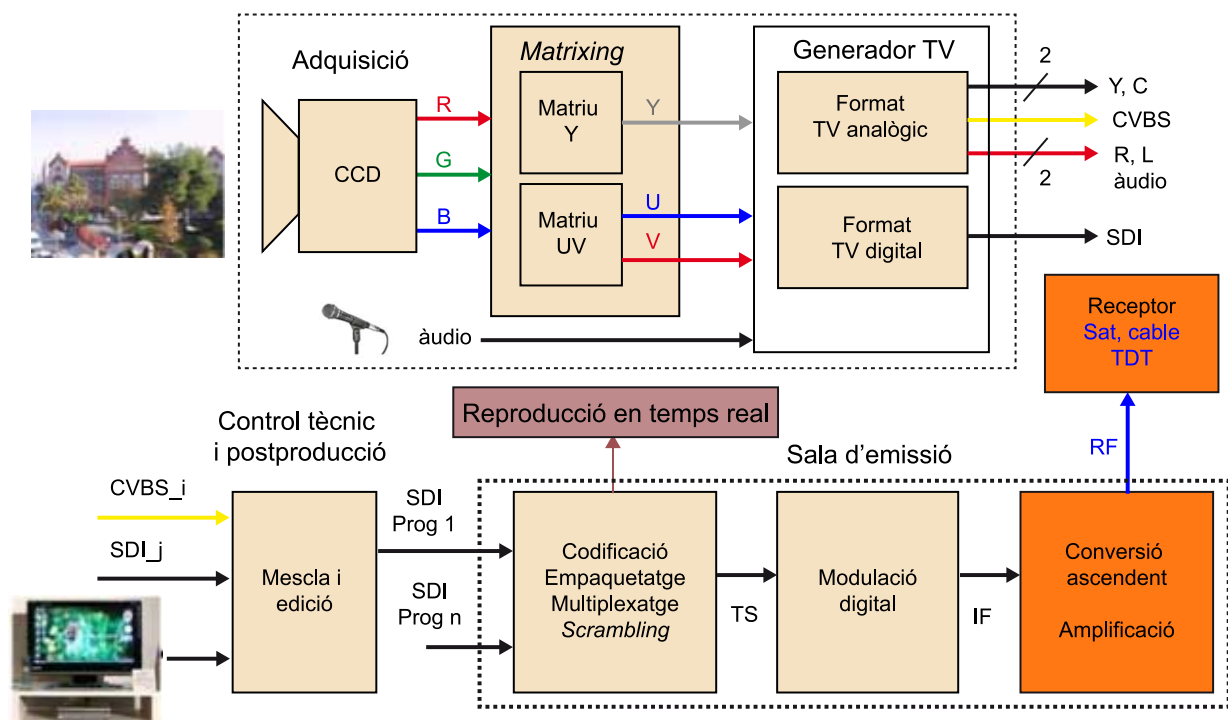


Figura 1. Cadena televisiva. En taronja s'indiquen els blocs que es desenvolupen en aquest mòdul.

La transmissió del senyal de televisió fins als receptors particulars no es fa directament, sinó per mitjà de xarxes de telecomunicacions que inclouen sistemes basats en satèl·lit, xarxes de cable i d'antenes terrestres. En cadascun d'aquests sistemes, la distribució per canals i l'assignació de portadores és diferent. En tots s'ha de fer un pas previ, que és la conversió del senyal digital al canal de transmissió corresponent. Després de la modulació digital, el senyal té l'espectre entorn d'una freqüència intermèdia FI (70 MHz en satèl·lit i 36,15 MHz en cable i terrestre). Una vegada fet això, fa falta un convertidor ascen-

dent per a elevar la freqüència portadora, assignar-hi el canal i amplificar-la i adaptar-la a la interfície de transmissió adequada: antena parabòlica per a satèl·lit, interfície per a cable o fibra òptica, antena terrestre o interfície IP. En la figura 2 es mostra l'esquema de la transmissió del senyal digital, des de l'adquisició de programes de televisió en SDI fins a la seva conversió ascendent per a ser injectat en la xarxa de radiodifusió o *broadcasting*.

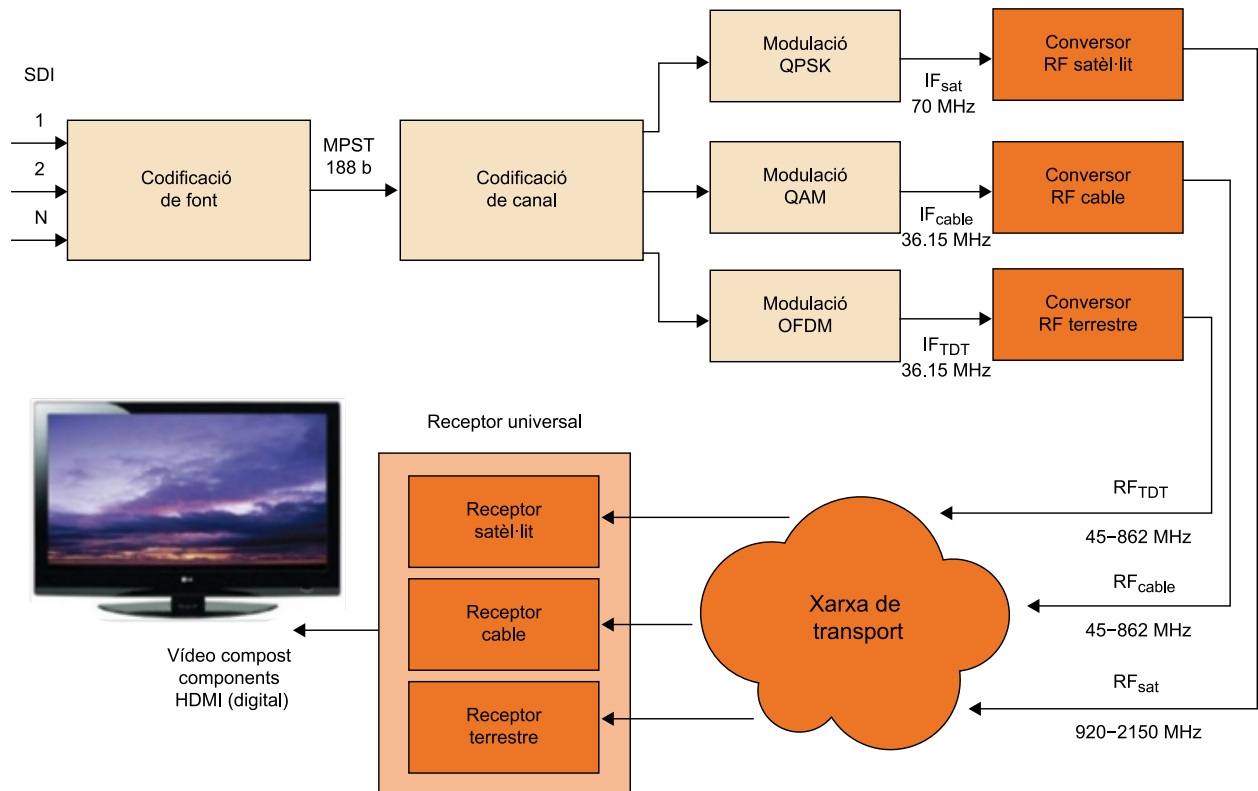


Figura 2. Esquema de la transmissió i recepció del senyal de televisió digital

El **receptor universal** de senyal de televisió (*set-up-box*) té com a entrades ports que connecten amb una antena terrestre i parabòlica, cable o fibra òptica, connexió IP per a xarxes d'ordinadors, i interfícies informàtiques, com ports USB, memòria externa, Wi-Fi, Bluetooth, infrarojos, etc.

El receptor descodifica qualsevol tipus de format analògic i digital i lliura a la sortida al senyal de televisió seleccionat per l'usuari en qualsevol format analògic i digital estàndard. També ha de tenir lector de targetes per a programes de pagament. Òbviament, no tots els receptors tenen totes aquestes opcions, però en aquest capítol descriurem l'esquema d'un receptor universal genèric, que, actualment, està integrat en el reproductor o pantalla de televisió.

1. Conversió ascendent a canal d'RF

La conversió ascendent és l'últim pas abans d'emetre el senyal a la xarxa de transmissió, i consisteix en una modulació AM amb una portadora que es correspon amb la freqüència central del canal de radiofreqüència (RF) assignat, un filtre que adequi el senyal a la banda del canal i un amplificador que assigni la potència necessària per aconseguir el punt següent de retransmissió amb prou SNR (relació senyal-soroll), però de manera que no superi el valor que provoca l'aparició de no-linealitats i productes d'intermodulació no desitjats.

Nota

Atès que avui dia ja no s'usa la transmissió de televisió analògica, en aquest apartat ens centrem en la transmissió i recepció de la televisió digital.

1.1. Conversió en televisió digital

La modulació AM del senyal de televisió digital per a fer la conversió ascendent canvia la portadora de la modulació digital (FI) a una portadora d'RF de freqüència més elevada, que és la freqüència central del canal de comunicació. Aquests canals de comunicació tenen una amplada de banda que solament permet situar un programa de televisió analògica (5 MHz a 8 MHz en cable/terrestre i 27 MHz a 36 MHz en satèl·lit).

No obstant això, el mateix canal de comunicació pot situar diversos programes de televisió digital (de 4 a 6 depenent de l'amplada de banda de cadascun) perquè en el procés de compressió MPEG es multiplexen diversos programes de televisió digital SDI en un sol *multiprogram transport stream* (MPTS). Aquest *stream* es protegeix contra errors en la codificació de canal i es modula digitalment amb una portadora en FI; és a dir, la portadora FI ja transporta tots els programes de televisió digital de l'MPTS i el procés de conversió ascendent tan sols trasllada tota aquesta informació a una portadora més elevada. No obstant això, a continuació s'ha de filtrar en passabanda per a adequar el senyal a l'amplada de banda del canal. Finalment, el senyal s'amplifica adequadament per a poder excitar l'antena (satèl·lit o terrestre), o el condicionador de televisió per cable, amb la potència necessària per arribar a la destinació.

Les freqüències i l'amplada de banda de canal per a cada mitjà de transmissió es resumeixen en la taula següent. El tipus de modulació ja té en compte el filtratge posterior del senyal per a adequar-lo al canal corresponent:

	Satèl·lit	Cable	Terrestre
Estàndard DVB	DVB-S	DVB-C	DVB-T
Canal de sortida	920 MHz- 2.150 MHz	45 MHz- 862 MHz	45 MHz - 862 MHz
Tipus de modulació	QPSK	64-QAM	OFDM

	Satèl·lit	Cable	Terrestre
Amplada de banda per canal	27 MHz - 36 MHz	5 MHz - 8 MHz	5 MHz - 8 MHz

Freqüències, modulació i amplada de banda d'RF en l'estàndard DVB

2. Estructura de la xarxa de transport TDT

La retransmissió del senyal TDT per una xarxa de difusió sense fil es fa aco- blant mitjançant una antena terrestre el senyal d'RF a una xarxa de transport terrestre formada per una estructura de centres reemissors que recullen el se- nyal a distàncies en les quals necessita ser regenerat mitjançant una antena receptora, l'amplifiquen i el reenvien mitjançant una antena transmissora. La localització d'aquests centres reemissors es calcula i es comprova experimen- talment per a cobrir la zona geogràfica que es desitgi.

Per a cobrir zones molt allunyades del centre emissor, es recorre a la transmissió per satèl·lit.

El senyal procedent de la xarxa de transport i dels satèl·lits s'injecta en una xarxa de difusió local, la missió de la qual és fer arribar el senyal als receptors domèstics amb una amplitud i una SNR suficient perquè es pugui detectar amb la qualitat adequada.

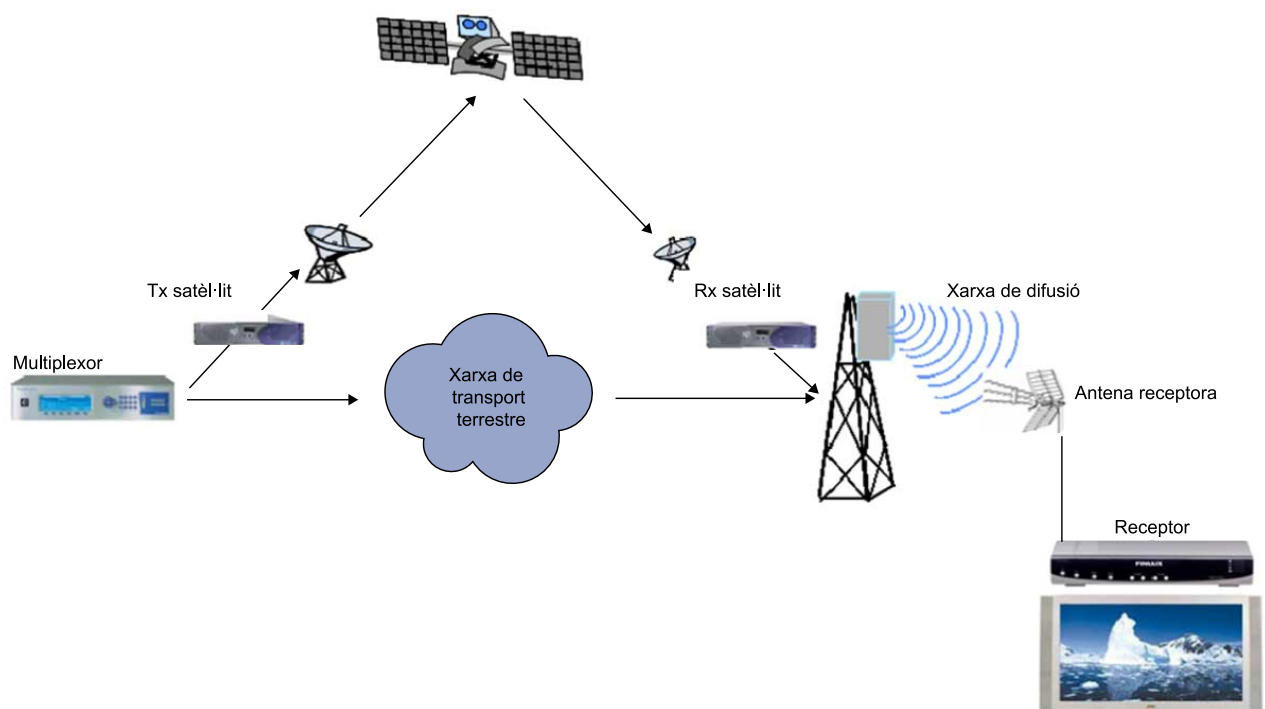


Figura 3. Esquema general del sistema de radiodifusió del senyal TDT

La **xarxa de transport** sol estar estructurada en centres reemissors que se solen anomenar *capçaleres*:

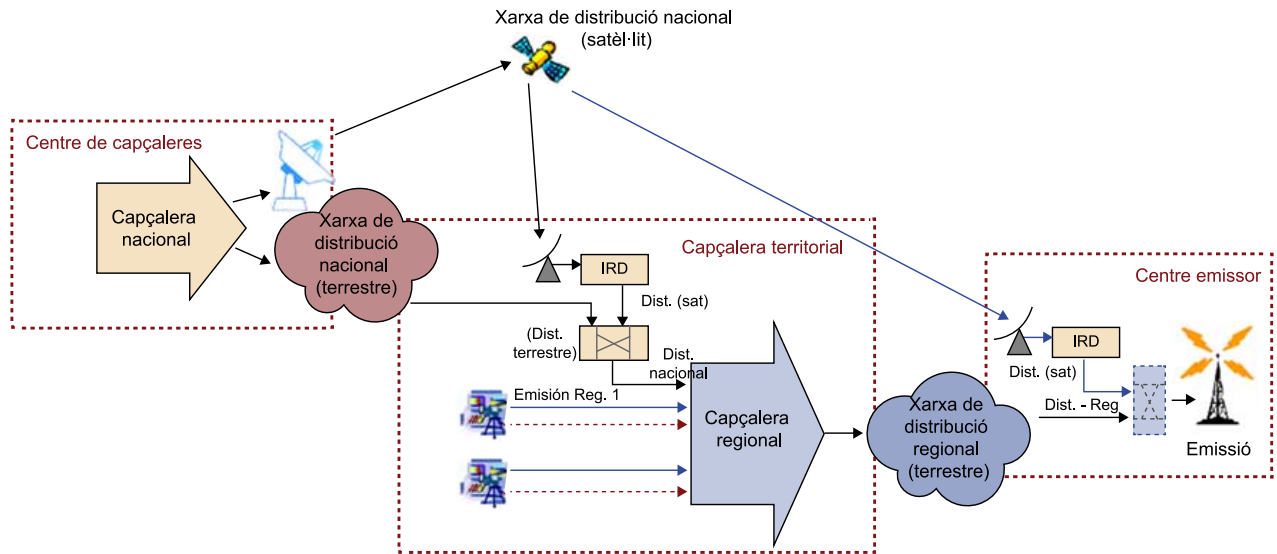


Figura 4. Distribució jeràrquica de la radiodifusió de TDT

Inicialment, el senyal parteix del **centre de capçaleres**, que és la font original dels programes de televisió. En aquest centre hi ha situada una **capçalera nacional** que dirigeix el senyal cap a la xarxa de distribució nacional per satèl·lit i cap a la xarxa de distribució nacional terrestre.

La xarxa nacional terrestre enllaça amb **les capçaleres territorials**, on es reben les emissions nacionals terrestres i per satèl·lit, i s'enllacen amb les emissions regionals. Les **capçaleres regionals**, que es troben en les capçaleres territorials, s'encarreguen d'injectar totes aquestes emissions a la xarxa de distribució regional terrestre.

Finalment, la xarxa de distribució regional terrestre i la xarxa de distribució nacional per satèl·lit lliura les emissions al **centre emissor**, que difon tots els programes als receptors domèstics.

3. Receptor de televisió

Atès que l'evolució tecnològica en aquest camp és molt ràpida, aquest mòdul no vol donar un esquema exhaustiu del receptor de televisió, i ens centrarem en la identificació de blocs genèrics de conversió del senyal, des de la recepció en canal d'RF fins a la descodificació completa com a senyal de televisió en banda base, analògica o digital. El format estàndard d'aquests senyals seran el vídeo compost o senyal en components per a la reproducció analògica, i el senyal digital en format HDMI o similars per a la reproducció digital.

La recepció comporta tres passos:

- Sintonització del canal.
- Baixada de la freqüència al canal intermedi.
- Desmodulació i obtenció del senyal en banda base.

Els dos primers passos es fan amb circuits similars en receptors analògics i digitals (tant de satèl·lit com de cable o terrestres), però el tercer és diferent en cadascun dels receptors. Normalment es disposa d'un receptor universal que conté tots els circuits per a recuperar tot tipus de senyal analògic, digital i el que es transmet per Internet.

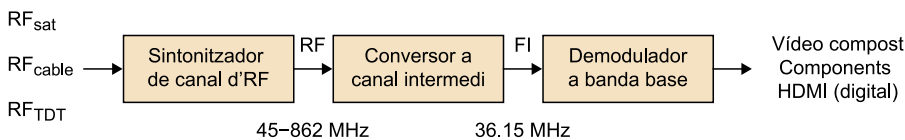


Figura 5. Diagrama de blocs d'un receptor de televisió

A continuació aprofundirem més en els circuits electrònics que formen els receptors de satèl·lit, de cable i terrestres.

4. Circuits electrònics en receptors universals de televisió

Els receptors universals de televisió poden rebre un senyal de televisió des de qualsevol mitjà de transmissió (satèl·lit, cable, terrestre, Internet, etc.).

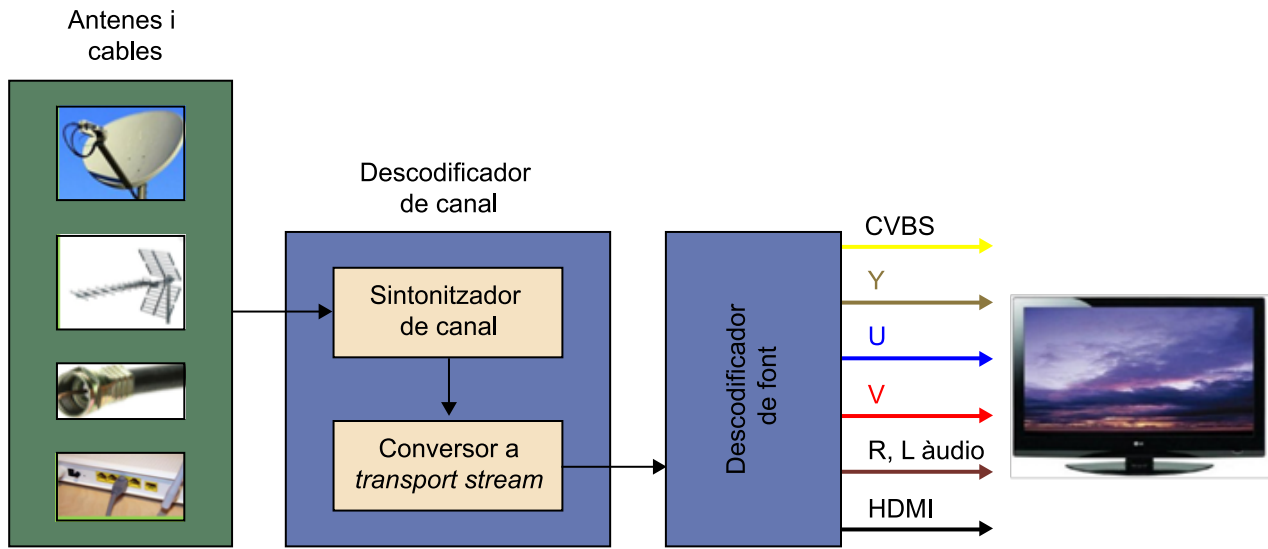


Figura 6. Diagrama de blocs dels circuits d'un receptor universal de televisió

Els receptors universals de televisió consten de dos circuits fonamentals:

- **Descodificador de canal.** És un xip específic per a cada mitjà (satèl·lit, cable o terrestre) que extreu els paquets del *transport stream* (TS) a partir del senyal d'RF rebut. Consta de dues parts:
 - **Sintonitzador de canal.** Selecciona el canal d'RF que vol l'usuari i el baixa a canal de freqüència intermèdia (FI).
 - **Convertidor a TS (*transport stream*).** Converteix el senyal de canal FI en paquets de TS aplicant la desmodulació i descodificació corresponent a cada mitjà.
- **Descodificador de font.** És un circuit comú a tots els mitjans de transmissió i consisteix a convertir els paquets de TS en informació de vídeo i àudio en banda base, en format analògic i digital. Aquesta informació es reproduceix directament pel monitor de televisió corresponent.

A continuació veurem la composició d'aquests circuits.

4.1. Xip descodificador del canal satèl·lit

El xip descodificador del canal satèl·lit sintonitza el canal satèl·lit que es vol veure i extreu el *transport stream* (TS). La composició interna del xip pot ser molt variada, i a més evoluciona constantment; no obstant això, el seu diagrama de blocs general seria el següent:

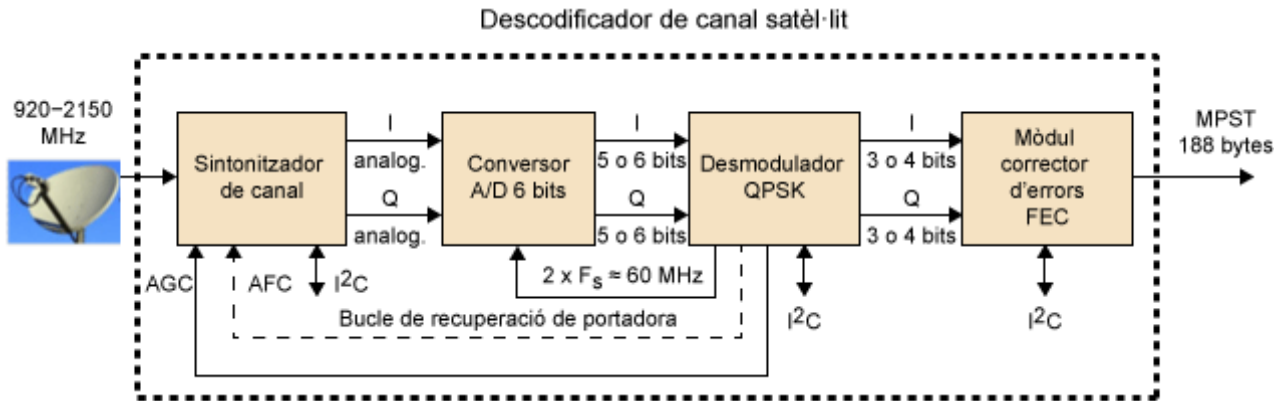


Figura 7. Esquema general del xip descodificador del canal satèl·lit

A continuació donem una descripció general dels seus blocs: sintonitzador de satèl·lit, convertidor analògic-digital (ADC), desmodulador digital QPSK i mòdul corrector d'errors FEC.

4.1.1. Sintonitzador de satèl·lit

El sintonitzador de satèl·lit selecciona el canal d'RF (entre 950 MHz i 2.150 MHz) mitjançant un bus I²C i el converteix a una FI (freqüència intermèdia) de 480 MHz. El bus I²C condueix les dades del canal triat per l'usuari fins al sintetitzador de freqüència del xip descodificador de canal. Seguidament es desmodula coherentment per a obtenir els senyals I i Q en una banda de FI de 480 MHz.

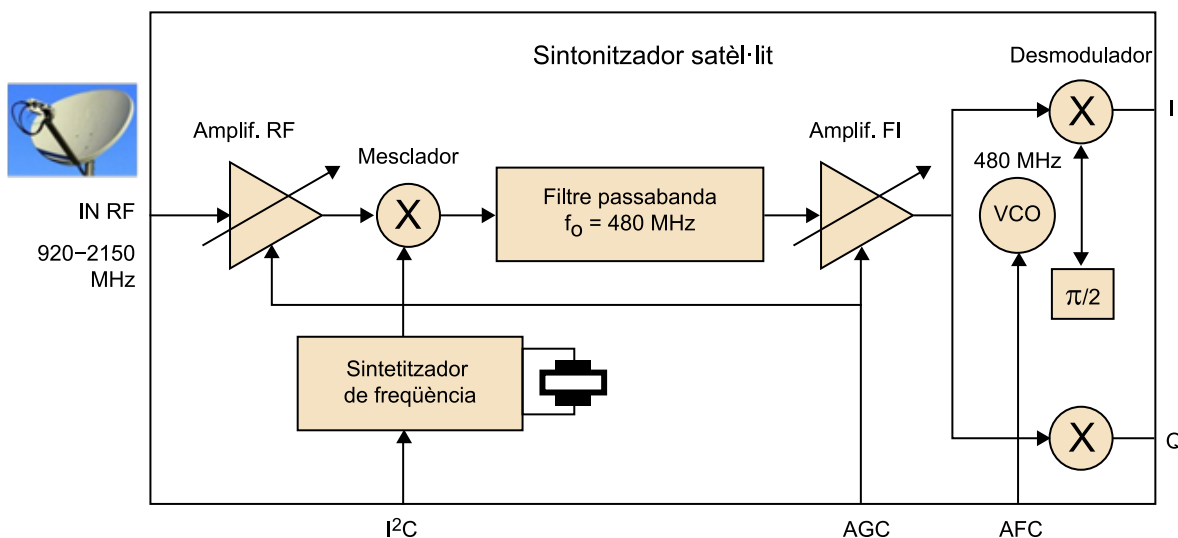


Figura 8. Esquema del sintonitzador de satèl·lit

4.1.2. Blocs per a l'extracció de TS

El senyal en FI es digitalitza en el convertidor AD (ADC) i s'obtenen els senyals IQ amb 6 bits de resolució a una freqüència de mostreig superior a 60 MHz, per a obtenir símbols de 30 MHz.

A continuació s'hi aplica la desmodulació digital QPSK. En aquest bloc també es recupera el senyal de rellotge i de portadora. La sortida és la informació binària dels símbols rebuts.

Finalment, es detecten i es corregeixen els errors en el bloc FEC, fent les operacions inverses que s'han implementat en el transmissor.

La sortida d'aquests blocs són paquets de 188 bytes que formen el TS comprimit segons la norma MPEG.

4.2. Xip descodificador de canal per cable

La composició del xip descodificador de canal per cable és molt similar a la del satèl·lit. Canvia el sintonitzador, ja que els canals d'RF i la freqüència intermèdia tenen altres valors i també el nombre de bits del convertidor AD i el procés de desmodulació digital i correcció d'errors corresponent a la transmissió per cable, ja que és diferent de les de transmissió per satèl·lit.

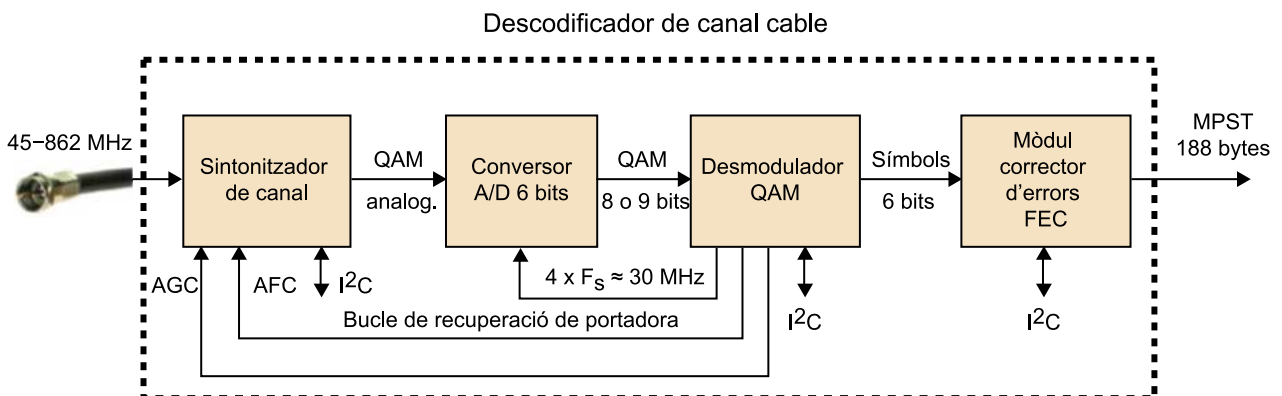


Figura 9. Esquema general del xip descodificador de canal per cable

4.2.1. Sintonitzador del receptor per cable

EL sintonitzador del receptor per cable selecciona el canal d'RF entre 47 MHz i 860 MHz, per mitjà del bus I²C, i el converteix a una FI de 36,15 MHz, i després el desmodula coherentment per a obtenir el senyal de símbol QAM a freqüència de 6,875 MHz.

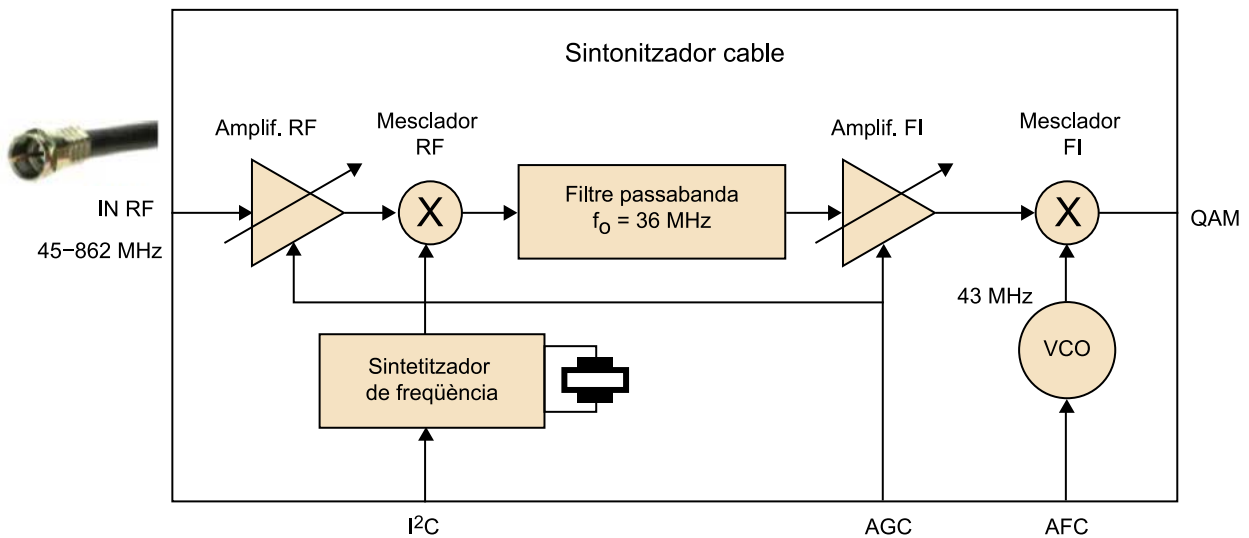


Figura 10. Esquema del sintonitzador per cable

4.2.2. Blocs per a l'extracció de TS

El senyal QAM es digitalitza en el convertidor AD amb 8 o 9 bits de resolució, a una freqüència de mostreig igual a 4 vegades la freqüència de símbol (6,875 MHz).

A continuació, el desmodulador digital QAM recupera el senyal de rellotge i de portadora, i prepara els bits perquè el FEC pugui detectar i corregir els errors pertinents i extreure els paquets de TS.

En les modulacions QAM la fase es recupera gràcies al fet que els 2 bits més significatius es modulen de manera diferencial; és a dir, l'estat d'aquests bits determina un canvi de fase i no una fase absoluta, la qual cosa permet al receptor funcionar sense problemes, independentment del quadrant on s'hagi ancorat per a la desmodulació.

4.3. Xip descodificador de canal terrestre

El xip descodificador de canal terrestre és molt més complex que els de satèl·lit i cable, ja que ha d'extreure la informació d'un senyal modulat en COFDM. El sintonitzador és similar al de cable, però la resta del xip és diferent.

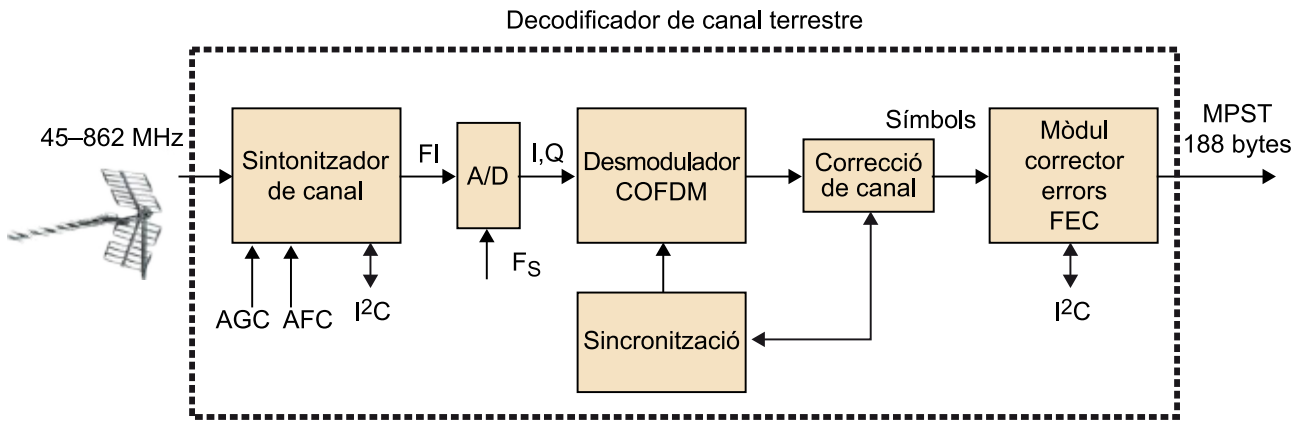


Figura 11. Esquema general del xip descodificador de canal terrestre

4.3.1. Sintonitzador terrestre o de TDT

El sintonitzador terrestre baixa el senyal d'RF, entre 47 MHz i 860 MHz, a FI de 36,15 MHz. Una segona conversió, que pot estar inclosa en l'etapa següent de desmodulació COFDM, la passa a freqüència de símbol de 4,5 MHz.

4.3.2. Blocs per a l'extracció de TS

Igual que en els descodificadors anteriors, l'ADC converteix d'analògic a digital de 9 o 10 bits, amb una freqüència de mostreig de 20 MHz. Hi ha submostreig si el senyal té una FI de 36,15 MHz.

A continuació hi ha tres blocs en cascada:

- **Bloc desmodulador COFDM**, que recupera els senyals I i Q, i el senyal COFDM mitjançant el càlcul d'una FFT en 2 K o 8 K freqüències, depenent del mode del senyal rebut.
- **Bloc de correcció de canal**, que estima el canal de transmissió i participa en la sincronització de temps i freqüència. La sincronització fa la correcció de temps i freqüència en la desmodulació COFDM.
- **Bloc corrector d'errors FEC**, que detecta i corregeix errors. La seva sortida és el flux de transport (*transport stream*, TS).

4.4. Sistema descodificador de font

Una vegada obtingut el senyal en paquets de *transport stream*, la resta del procés és similar en els tres tipus de receptors presentats. En la figura 12 es descriu un sistema microprocessador genèric per a fer la conversió de *transport stream* a senyal en banda base analògica (vídeo compost CVBS o components RGB o YUV) o digital (HDMI o similars). El senyal en banda base és el que controla la reproducció per la pantalla de televisió i envia l'àudio als altaveus corresponents.

HDMI

High-definition multimedia interface (interfície multimèdia d'alta definició) és una norma d'àudio i vídeo digital xifrats sense compressió que té el suport de la indústria perquè sigui el substitut de l'euroconnector.

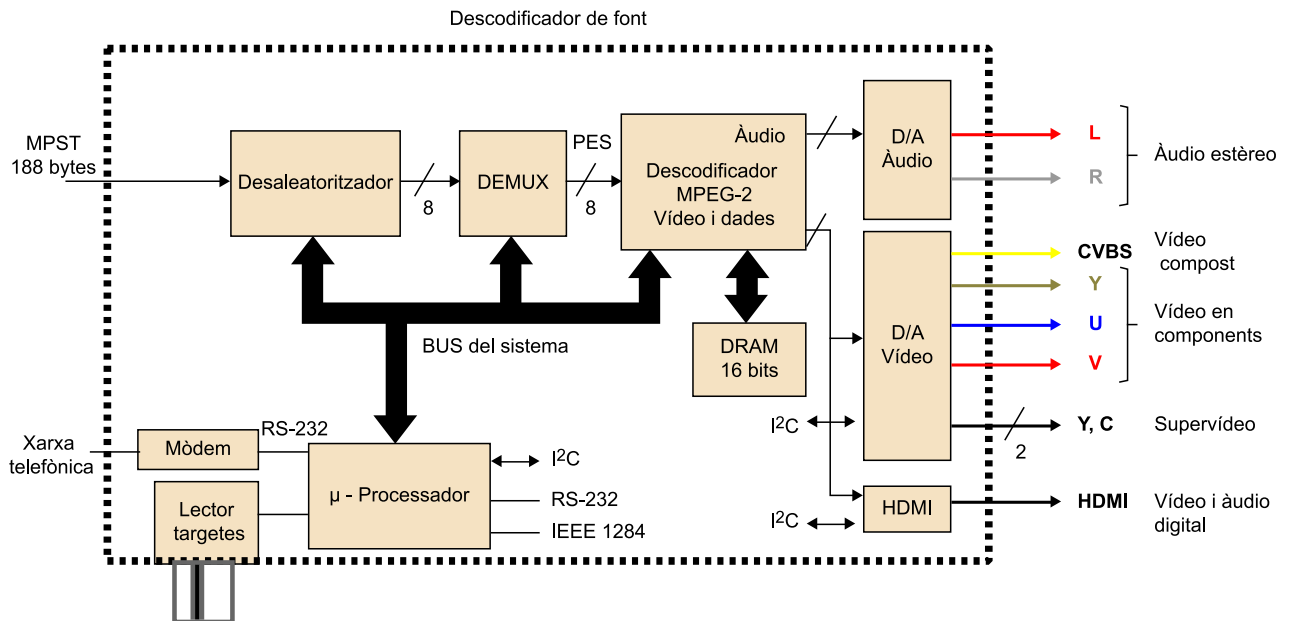


Figura 12. Esquema general del sistema descodificador de font

El microprocessador controla tres blocs que estan connectats pel bus de dades:

- El primer **DESCR** o *descrambler* (desaleatoritzador), que assegura la selecció i desxifratge dels paquets dels programes triats. Els paquets encriptats per temes de pagament per visió es descriptan amb les dades obtingudes del port en sèrie, que està connectat al lector de targetes i/o mòdem telefònic.
- El **desmultiplexor** o DEMUX, que selecciona amb filtres programables els paquets elementals de dades (PES) del programa triat. Cal recordar que el TS transporta diversos programes de televisió que han estat modulats per la mateixa portadora, i amb el DEMUX se seleccionen les dades corresponents al programa triat pel comandament de l'usuari.
- El bloc **MPEG** que descodifica el format MPEG de l'àudio i del vídeo.

A la sortida del bloc MPEG ja tenim la informació digitalitzada en banda base i només queda afegir els convertidors digital-analògic d'audio i vídeo, que converteixen els senyals digitals en formats analògics d'àudio i vídeo, i un bloc que converteix la informació digital en format HDMI, que és el format estàndard per a la connexió digital de vídeo i àudio amb el reproductor de televisió.

Bibliografia

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

