

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



ESTUDIO DE LA ARQUITECTURA DE HARDWARE DE LOS
RECEPTORES SET TOP BOX PARA TELEVISIÓN DIGITAL
TERRESTRE

INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:
ALFONSO ALHUAY TAIPE

PROMOCIÓN
1993-I

LIMA-PERÚ
2011

**ESTUDIO DE LA ARQUITECTURA DE HARDWARE
DE LOS RECEPTORES SET TOP BOX PARA
TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE**

A MI MADRE

SUMARIO

La Televisión actual esta experimentado un cambio de tecnología a nivel mundial, de un ambiente analógico a un formato digital, lo cual trae como consecuencia el aparición de una gran variedad de equipos digitales, tanto para la producción de contenidos, como en plantas de transmisión y recepción, siendo uno de estos equipos el receptor digital, conocido con el nombre de SET TOP BOX, componente fundamental para este gran salto tecnológico.

Además, debido a que la gran mayoría de televisores en el mundo son analógicos, será necesario para la recepción de la señal digital de televisión contar con este equipo receptor el SET TOP BOX, el cual se empleará hasta que se disponga de televisores con los sintonizadores digitales integrado y a un precio accesible para el telespectador. Mientras tanto los telespectadores que deseen acceder a los servicios de la televisión digital, necesitarán un Set Top Box.

El presente estudio que lleva como título **“ESTUDIO DE LA ARQUITECTURA DE HARDWARE DE LOS RECEPTORES SET TOP BOX PARA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE”** tiene por finalidad estudiar los elementos que componen el hardware, analizar la forma cómo ellos interactúan y las funciones que ejecutan cada uno en el receptor Set Top Box para lograr la recepción y decodificación de la señal de Televisión Digital Terrestre.

Para lo cual, se sabe que el hardware del STB ha tenido una gran evolución tecnológica en corto tiempo, de tal manera que en la actualidad se ha logrado implementar este equipo a partir de algunos componentes semiconductores, siendo el principal los circuitos integrados llamados ASIC o SoC. El circuito ASIC (Circuito integrado para Aplicaciones Específicas), el cual es una plataforma que facilita enormemente el desarrollo del STB.

Además, por sus características de funcionamiento el STB se debe considerar un sistema embebido, cuya función principal es la recepción de la señal digital de televisión y para ello en su implementación debe contar con un hardware y un sistema operativo para realizar la gestión de recursos del sistema.

ÍNDICE

PROLOGO	1
CAPITULO I	
INTRODUCCION	3
1.2 Introducción a la Televisión Digital.....	4
1.3 Televisión Digital Terrestre.....	7
1.4 Ventajas y desventajas de la Televisión Digital Terrestre.....	8
1.5 Estándares de la Televisión Digital Terrestre.....	9
1.6 La Televisión Digital Terrestre en el Perú.....	10
CAPITULO II	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2.1 Formulación del problema.....	12
2.2 Equipos receptores para Televisión Digital Terrestre.....	12
2.2.1 Televisor Digital Integrado (IDTV).....	13
2.2.2 Set Top Box (STB).....	13
2.3 Componentes básicos para la recepción de la TDT en el hogar.....	13
2.3.1 Antena de recepción en la banda UHF.....	14
2.3.2 Set Top Box o decodificador.....	14
2.3.3 Televisor analógico.....	14
2.3.4 Televisor digital.....	15
2.4 Clasificación del Set Top Box.....	15
2.4.1 Receptor tipo Broadcast TV.....	16
2.4.2 Receptores Enhanced TV con soporte de servicios interactivos.....	16
2.4.3 Receptores Advanced TV con soporte de servicios avanzados.....	16
2.5 Arquitectura general el Set Top Box	16
2.6 Arquitectura del hardware de un set top box (STB).....	18
2.7 Descripción de la arquitectura de hardware del set top box.....	19
2.8 Fases de procesamiento de señales en el set top box.....	21
2.9 Descripción física las interfaces del receptor STB.....	22
2.10 Especificaciones Técnicas de set top box Modelo HDB7800Z.....	22
CAPITULO III	
COMPONENTES DE HARDWARE DEL SET TOP BOX	26
3.1 Introducción.....	26

3.2	Recursos de hardware del set top box.....	26
3.3	Modulo sintonizador y demodulador.....	27
3.3.1	Circuito Sintonizador de la etapa Front-End.....	27
3.3.2	Circuito Demodulador de la etapa Front-End.....	29
3.3.3	Corrección de errores FEC en la etapa Front-End.....	29
3.3.4	Principales fabricantes de módulos Front-End.....	31
3.3.5	Especificaciones técnicas de un Sintonizador para TDT: MT2131C.....	31
3.3.6	Especificaciones técnicas de un Demodulador para TDT: MB86A21.....	34
3.4	El Circuito Demultiplexor.....	35
3.5	Análisis del Flujo de Transporte MPEG-2.....	35
3.5.1	Capa de Compresión del Flujo de Transporte MPEG-2.....	36
3.5.2	Capa de sistema del Flujo de Transporte MPEG-2.....	36
3.5.3	Generacion del Flujo de paquetes PES.....	37
3.5.4	Estructura de Flujo de Transporte MPEG2-TS.....	37
3.6	Circuito decodificador de Audio/Video.....	38
3.6.1	Informacion para el receptor.....	39
3.6.2	Información específica de programa (Tablas PSI).....	40
3.6.3	Tabla de Asociación de Programas (Program Association Table).....	40
3.6.4	Tabla del Mapa de Programa (Program Map Tabla).....	40
3.6.5	Sincronizacion del flujo de transporte.....	41
3.7	Soluciones Integrales en un solo Chip para el hardware del STB.....	41
3.7.1	Circuito integrado SoC: M3101D DVB-T SoC.....	42
CAPITULO IV		
COMPONENTES DE SOFTWARE DEL SET TOP BOX.....		44
4.1	Arquitectura del software del set top box.....	44
4.1.1	El Sistema operativo.....	44
4.1.2	El Middleware.....	45
4.1.3	Las Interfaces del Middleware (API).....	46
4.1.4	Los Aplicativos.....	47
4.2	La Interactividad.....	47
4.3	El canal de retorno.....	49
CAPITULO V		
RESULTADOS.....		50
5.1	Características técnicas del STB en estudio	50
5.2	Descripción de los componentes que conforma el STB bajo estudio.....	50
5.3	Diagrama de bloques del hardware del STB bajo estudio.....	51
5.4	Inspección general del STB en estudio.....	52

5.5	La Fuente de Alimentación del STB.....	53
5.6	El módulo Sintonizador/Demodulador.....	54
5.7	El modulo panel frontal del STB.....	56
5.8	El procesador central del STB.....	57
5.9	Especificaciones técnicas de los circuitos integrados del STB en estudio.....	61
5.9.1	Circuito Integrado Chipset MSD7828L.....	61
5.9.2	Circuito Integrado Sintonizador/ Demodulador DIB8090GPA.....	63
5.9.3	CI Conversor Serial a 7 segmentos para 4 Display-CT1628.....	64
5.9.4	Memoria DRAM DDR2-A3R12E3JFF.....	64
5.9.5	Memoria Flash 32 Mbits-S25FL032P.....	66
CAPITULO VI		
CONCLUSIONES		69
ANEXO - A		71
BIBLIOGRAFIA		74

T. V. n. A. n. d.

PROLOGO

El SET TOP BOX o Unidad Receptora Digital (URD), es el dispositivo que se encarga principalmente de la recepción de la señal digital de televisión de alguno de los medios de transmisión (cable, satélite, terrestre, IPTV) y de su decodificación para ser visualizado en un televisor analógico, realizando para ello el proceso inverso al efectuado en el transmisor. También permite disfrutar de todo el conjunto de ventajas que ofrece la televisión digital, como pueden ser: Televisión en Alta Definición (HD), y la interactividad (Ginga o MHP).

El presente informe trata sobre el estudio de la arquitectura del hardware de los receptores Set Top Box para Televisión Digital Terrestre.

El desarrollo de este estudio es presentado en los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, se presenta una introducción general del desarrollo y evolución del STB a través de los años. Se hace una breve introducción a la Televisión Digital Terrestre, presentando sus principales ventajas, luego se visualiza un panorama mundial de los estándares de televisión digital y finalmente se analiza la situación actual de la Televisión Digital Terrestre en el Perú.

En el Capítulo II, se presenta el problema que será abordado en este trabajo. Se estudian los diferentes tipos de receptores para la recepción de la TDT. Se elabora una clasificación de los diferentes modelos de Set Top Box disponibles en el mercado. Se presenta su arquitectura general describiendo su arquitectura de hardware y se aborda los diferentes procesos que se aplican a la señal. También se presenta y explican las interfaces físicas del equipo. Finalmente se presenta las especificaciones técnicas de un STB comercial.

En el Capítulo III, se enumera los recursos de hardware del STB, analizando los diferentes módulos que lo conforman, tales como; sintonizador/demodulador, demultiplexor, los decodificadores de audio y video, etc. Se estudia el flujo de transporte MPEG-2 TS que trae toda la información de la Televisión Digital. También, se analiza las plataformas ASIC (Circuito Integrado para Soluciones Específicas) que se están desarrollando en el campo tecnológico para la implementación del hardware del set TOP box.

En el Capítulo IV, se presenta la arquitectura de software del STB. Se estudia el Sistema Operativo y el software Middleware. Así como también el canal de retorno y la Interactividad de la televisión digital terrestre.

En el Capítulo V, se presenta un caso de estudio, en el cual analizamos la estructura del hardware de un STB estándar. También, se presenta las especificaciones técnicas extraídas de los componentes semiconductores del Hoja de datos del Fabricante.

En el Capítulo VI, se dan las conclusiones y recomendaciones que surgieron del presente estudio.

CAPITULO I INTRODUCCION

El STB es un dispositivo externo al sistema de recepción de la televisión digital, cuya función principal es la recepción y decodificación de la señal de televisión digital y entregárselo ya sea en forma analógico o digital a los dispositivos que no cuentan con sintonizador para la señal digital, y así puedan ser visualizados por el telespectador.

En el proceso de cambio de tecnología en la televisión de analógico a digital, el STB es una pieza muy importante para su culminación en el tiempo más corto posible. En la etapa inicial de este proceso, el STB pasa casi desapercibido por los telespectadores que no muestran interés por adquirir uno. En los algunos países, este proceso ya está en su fase final, a punto de producirse el "apagón analógico", es cuando el STB empieza a tener una fuerte demanda.

Finalmente, se observa que en los últimos años la elevada demanda por el STB ha dado origen a la creación de nuevas empresas especializadas en el desarrollo de plataformas de hardware y software para una solución integrada para el STB. Así como también las empresas ya consolidadas han tenido que incluir una línea de producción especialmente para el desarrollo de esta tecnología. Se ha desarrollado un gran despliegue tecnológico, dando como resultado el poder disponer en la actualidad de un equipo STB muy compacto, con diversidad de modelos, y sobre todo muy económico. Es de esperar entonces, que este dispositivo presente una estructura de hardware y software en un estado tecnológico muy avanzado.

En este Capítulo se presenta una breve introducción al desarrollo de la Televisión Digital, especificando las ventajas de la Televisión Digital terrestre frente al sistema analógico actual, así como un presentar un panorama de los estándares actuales y la situación actual de la Televisión Digital en el Perú.

1.1 Introducción a la Televisión Digital (DTV)

La televisión analógica desde su creación, en pocas décadas se convirtió en uno de los medios de comunicación masivos en todo el mundo, a pesar de tener muchas imperfecciones, tales como, la de utilizar un excesivo ancho de banda en el espectro, presentar diversos problemas en la recepción y la falta de calidad de las imágenes.

Durante muchos años el único medio de difusión de la televisión fue por aire, para mejorar estas deficiencias de la televisión analógica surgieron otros dos medios de

difusión alternativos: televisión por cable y televisión satelital y para su recepción se implementaron el SET TOP BOX. Estos nuevos medios de televisión superaron enormemente en contenidos y servicios a la televisión terrestre, y también fueron los primeros en adoptar la tecnología digital. De este modo entra al escenario de la televisión un equipo receptor digital llamado Set Top Box.

En Europa se hace muy popular la televisión digital por satélite, y en Estados Unidos la televisión por cable. De esta manera, el STB adquiere una gran demanda para estas tecnologías de comunicación y esto motiva a que se diseñen una gran variedad de STBs, desde los más simples hasta los más complejos, con funciones de grabación personal (PVR), acceso condicional (CA) y a programas de pago (VoD) etc.

La televisión terrestre permaneció por mucho tiempo sin cambios importantes, y por los años 80 se desarrollaron técnicas digitales enfocadas al video, es así, que desde hace varias décadas atrás se viene utilizando las técnicas digitales para la generación de efectos especiales, tanto en audio y video en estudios totalmente digitalizados.

Estos avances se desarrollan en el ámbito de la informática, así la digitalización convierte la señal analógica en secuencias de bits, “unos” y “ceros” transformándola en un lenguaje binario. Posteriormente se desarrollaron técnicas muy complejas y muy eficientes de compresión de audio y video logrando así reducir su ancho de banda. Paralelamente, en el lado de las telecomunicaciones se desarrollaban técnicas digitales y estándares de codificación y transmisión.

Finalmente, la Televisión Digital (DTV), es el resultado de las investigaciones que se ha hecho en el campo de la electrónica, telecomunicaciones e informática. Con la aparición del microprocesador y con su capacidad de almacenar y procesar millones de bytes de información, y con ello hacer de la digitalización de la televisión un proceso viable, lo que permite a la televisión analógica lineal migrar a la televisión digital no lineal binaria, en todo su proceso, desde la creación de sus mensajes y contenidos, la transmisión, la recepción y la decodificación de la señal. [1]

1.2 Televisión Digital Terrestre (TDT).

La TDT es la televisión digital que incorpora la digitalización a la transmisión, recepción y codificación del contenido producido en un estudio de televisión. Por ello se puede decir que la TDT es la televisión digital que se difunde por medio de ondas hercianas terrestres que ocupa un ancho de banda del espectro electromagnético, en las bandas VHF y UHF.

La televisión terrestre, es sin lugar a dudas el medio de comunicación de masas con mayor difusión y éxito, desde la introducción del color en la televisión, el acontecimiento más importante ha sido la aparición de la TDT

En la actualidad la televisión digital terrestre es una realidad y se está implementando en todo el mundo, en algunos países está más avanzados que en otros. Esta implementación involucra un cambio de los equipos actuales de edición, transmisión y recepción y durante el tiempo que demore el cambio de tecnología, coexistirán al aire las señales de televisión analógica y digital. En la Figura 1.1 se ilustra el esquema para la transmisión de TDT

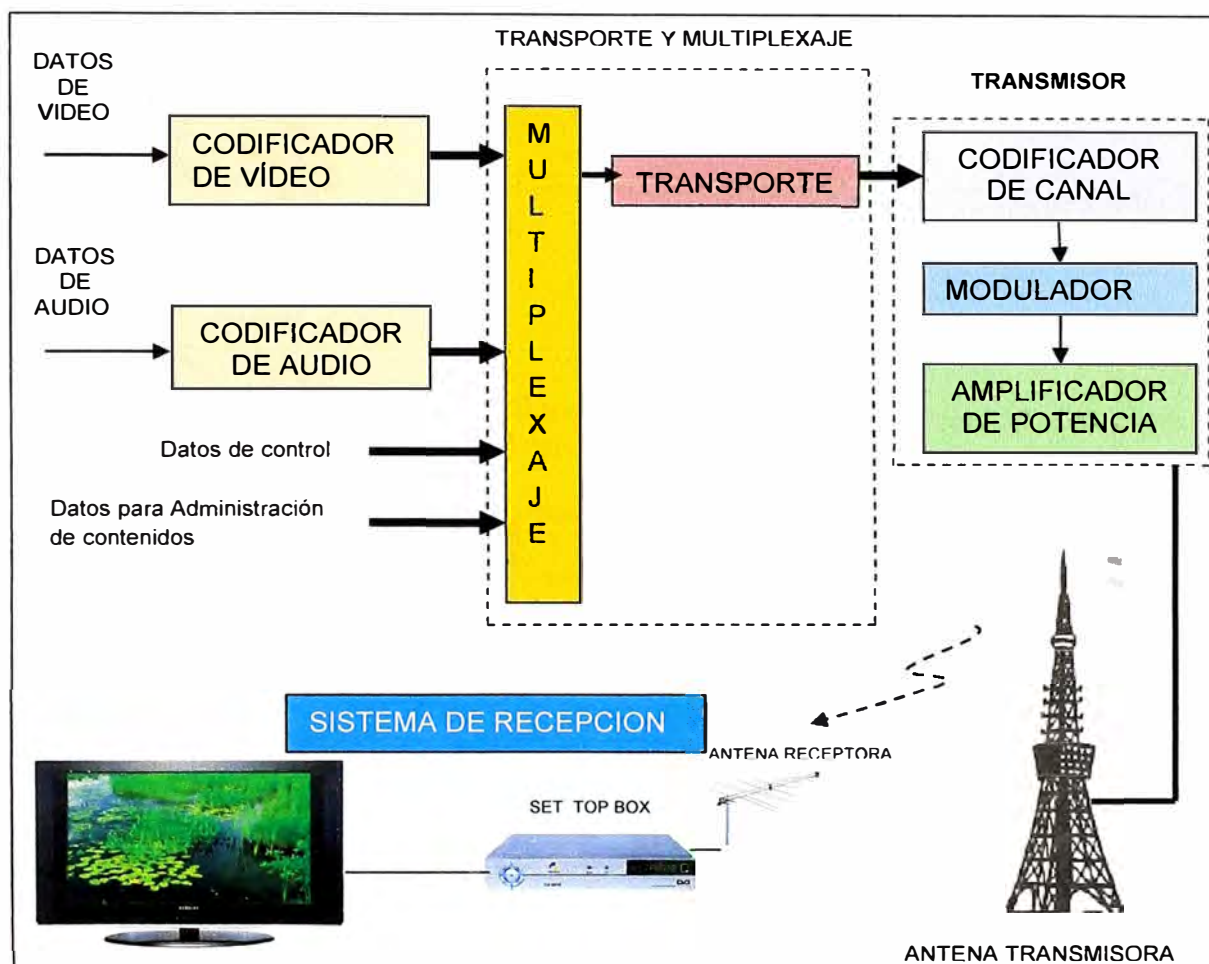


Figura 1.1 Esquema de transmisión de la TDT

Básicamente, la TDT es una nueva técnica de radiodifusión de señales, que consiste en convertir la imagen, el sonido, y los contenidos interactivos en información digital y de esta manera se puede aplicar los procesos de multiplexación, codificación, modulación digital, etc. con el único fin de optimizar la transmisión de las señales de televisión.

Del lado de la recepción la señal se somete a un proceso de demodulación y demultiplexación, obteniendo paquetes de datos codificados los que se entregaran a los decodificadores apropiados para obtener el audio y video. Para la recepción se utilizara también el receptor STB, en conjunto con los televisores analógicos. En los televisores digitales con sintonizador digital incorporado se podrá recibir directamente y apreciar la

señal HD en toda su magnitud. También se podrá recibir en los equipos móviles y portátiles tales como en los buses, en el auto, equipos celulares etc. con una calidad de imagen menor. En la Figura 1.2, se ilustra un panorama de los diferentes tipos de receptores para la TDT

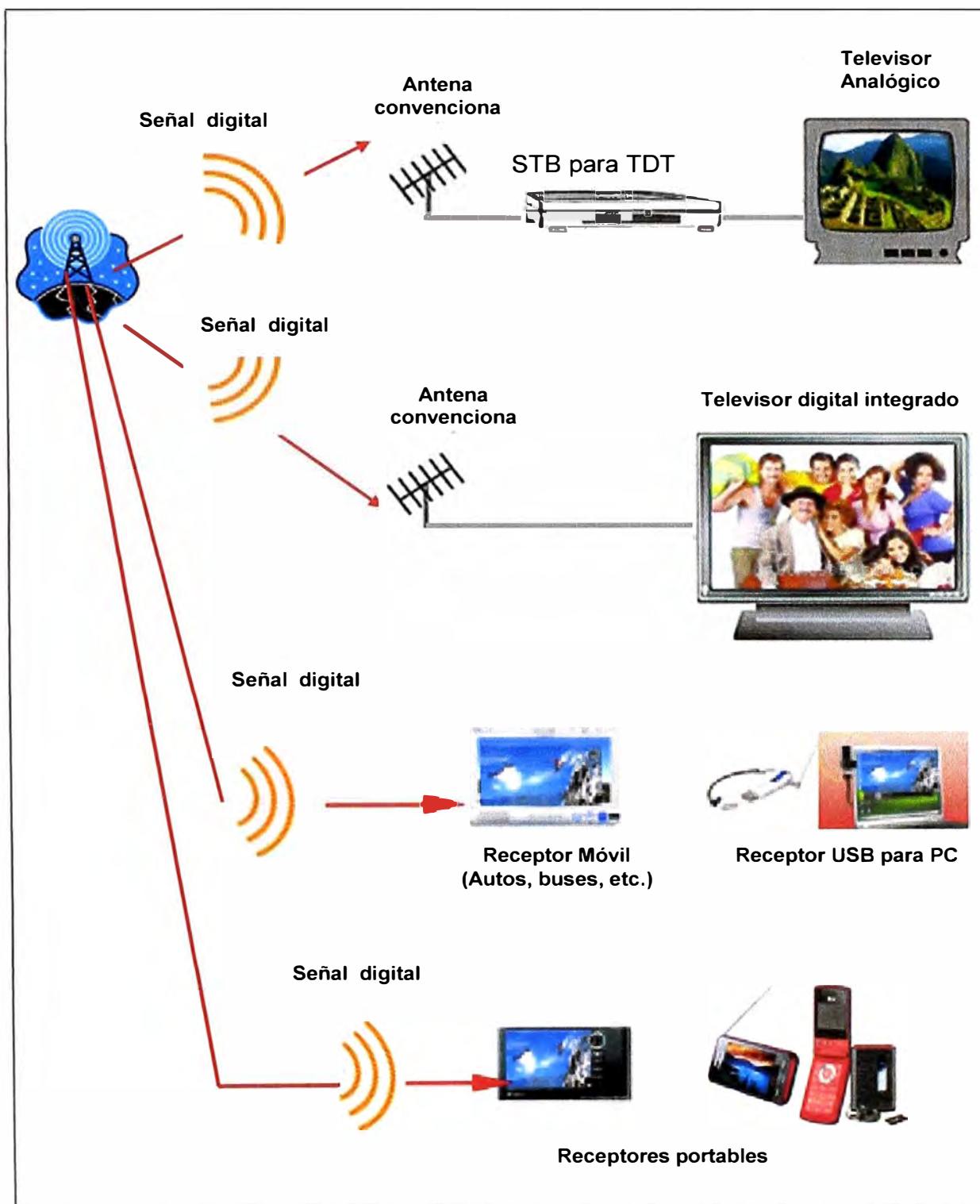


Figura 1.2 Panorama de receptores para la TDT

La Tabla 1.1 contiene las modalidades más populares de televisión digital, que puede adoptar un canal de televisión para iniciar su transmisión de Televisión Digital Terrestre.

TABLA 1.1. Síntesis de configuración de imágenes para DTV. [2]

Tipo de configuración	Número de líneas	Numero de pixeles por línea	Formato de la pantalla	Tasa media de bits(estimado) Mbps
HDTV	1080	1920	16:9	19 (12-32)
	720	1280	16:9	14 (8 - 20)
EDTV	480	720	16:9	6 (4 - 8)
SDTV	480	640	16:9	4,8 (3 - 8)
			4:3	4 (2.5 - 6)
LDTV	240	320	4:3	1.1 (0.5 - 1.2)

Donde:

- HDTV (Televisión Digital de Alta Definición)
- EDTV (Televisión Digital de Definición Mejorada)
- SDTV (Televisión Digital de Definición Estándar)
- LDTV (Televisión Digital de Baja Definición).

En la Tabla 1.1, se observa que la Televisión SDTV, que es la representación digital de la televisión analógica actual, presenta una relación de aspecto 4:3 y se recibe en 408 líneas con 704 pixeles por cada línea. La HDTV (Televisión de Alta Definición), cuya imagen tiene formato 16:9, se recibe en los dispositivos con 1080 y 1920 puntos en cada línea. La configuración LDTV se utiliza para radiodifusión móvil.

Un canal de radiodifusión de Televisión Digital puede transmitir combinando varios de estos modelos en un solo canal de radiodifusión, y mucho tendrá que ver con la resolución que se quiera difundir, ya que la calidad en la recepción es proporcional al ancho de banda utilizado para la transmisión.

1.3 Ventajas y desventajas de la Televisión Digital Terrestre.

Las ventajas que aporta la Televisión Digital Terrestre, entre otras, son:

- **Mejor calidad de imagen y sonido.**- La calidad de la imagen aumenta de forma considerable, desaparecen las interferencias (factor importante en áreas urbanas), las imágenes fantasmas, entre otras deficiencias comunes en la televisión analógica por aire. Las señales digitales no sufren los efectos de la transmisión multi trayecto, además son más robustas frente al ruido y las interferencias. Presenta imágenes en Alta Definición en formato 16:9, semejante a la pantalla de cine. El sonido es de calidad similar al CD y con capacidad de sonido envolvente y multilingüe.
- **Mayor número de canales de televisión.**- Al tratarse de transmisiones de tipo digital, es posible una gran flexibilidad en los contenidos transmitiendo entre tres y

cinco programas en diferentes resoluciones, por cada canal UHF.

- **Menor consumo de frecuencias.-** Permite optimizar el espectro radioeléctrico ya que es posible usar todos los canales de la banda, sin necesidad de dejar canales adyacentes para reducir las interferencias. Permite utilizar redes de frecuencia única (FSN), por lo que se puede emitir el mismo programa en la misma frecuencia desde distintos transmisores.
- **Portabilidad y Movilidad.-** Permite la recepción portátil y móvil. La recepción portátil implica que la señal puede ser recibida directamente por televisores portátiles, aparatos celulares, etc. La recepción móvil supone que la televisión puede ser recibido en cualquier lugar, incluso en movimiento.
- **Presenta otros servicios adicionales.-** Se aprovecha mejor el ancho de banda, la digitalización permite varios servicios tales como: guía electrónica de programación, video bajo demanda, servicios interactivos, acceso a Internet, lectura de correo electrónico, teletexto, etc.

A pesar de todas estas ventajas de la TDT, presenta dos desventajas asociados básicamente a costos de inversión y el desinterés del telespectador

- La no compatibilidad de los actuales televisores analógicos con el nuevo sistema de Televisión digital. Lo que obliga a la compra de televisores digitales, o bien complementar sus actuales televisores con receptores llamados STB y la adaptación de la antena de recepción, son factores que con llevan a un costo adicional para el telespectador.
- Reequipamiento e instalación de estaciones transmisoras digitales por parte de los canales de televisión, lo que implica un alto costo de inversión.

1.4 Estándares de Televisión Digital Terrestre. [1]

Los estándares para Televisión Digital Terrestre son básicamente cuatro:

- Estándar Americano, ATSC (Advanced Television Systems Committee).
- Estándar Europeo DVB (digital Services Digital Broadcasting).
- Estándar Japonés ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting)
- Estándar Brasileiro ISDB-Tb (Sistema Brasileiro de Televisión Digita
- Estándar Chino DTBM (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting).

En la Figura 1.3, [4] se puede observar los países a nivel mundial que han adoptado uno de los estándares de televisión. También ilustra que el estándar ISDB-Tb se ha adoptado casi en toda la región América del Sur, lo cual es un hecho positivo que incide en la reducción de costos de los equipos de transmisión y recepción. Por otro lado, se puede observar que el estándar DVB-T ha logrado establecer en mayor cantidad de países que incluyen casi toda Europa, Australia, una parte en Asia y África.

El estándar DVB es el consorcio que más ha desarrollado la televisión digital creando así varios estándares para los medios de Cable, satélite, Terrestre e IP. El estándar Americano ATCS, se ha establecido en la región norte y centro de América.

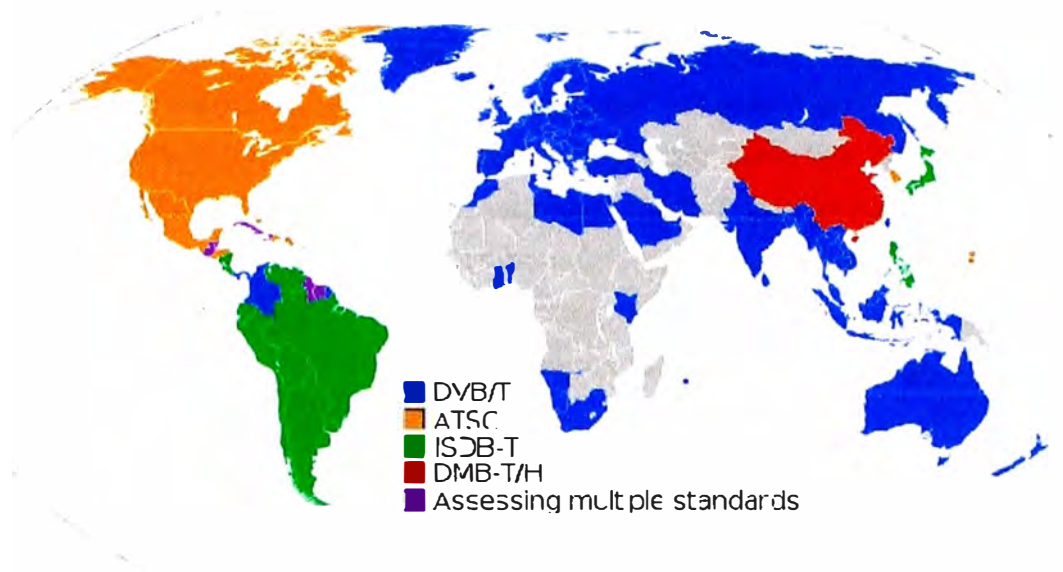


Figura 1.3 Panorama mundial de los estándares para Televisión Digital Terrestre.

1.5. Ventajas del Estándar de Televisión Digital Japonés-Brasileño ISDB-TB

A continuación se presentan las ventajas del estándar: ISDB-Tb

- La norma Japonesa, ISDB-T mejoró la experiencia de las normas Americana y Europea. Las modificaciones hechas por Brasil todavía mejoró algunos aspectos respecto de la norma Japonesa. Brasil pone mucho énfasis en el desarrollo de la televisión digital interactiva.
- El estándar Brasileño utiliza la última tecnología para la compresión del audio y video MPEG-4, lo que permite empaquetar mas señales. Esto posibilita mejor calidad de imagen a igual consumo de ancho de banda del espacio radioeléctrico.
- Es la norma que mejor resuelve la transmisión de contenido para dispositivos portátiles y móviles porque no hace falta una cadena de transmisión diferenciada respecto de la utilizada para los dispositivos fijos. Los futuros teléfonos celulares contarán con un sintonizador de televisión así como hoy tienen capacidad para sacar fotos o escuchar música. La recepción de televisión en el celular no alterará el costo del servicio que pudiera tener con la empresa de telefonía.
- El estándar Brasileño transmite a 30 cuadros por segundo en el segmento para dispositivos portables, mejorando incluso la norma Japonesa que lo hace a 15 cuadros por segundo.
- Utiliza el mejor sistema de modulación: OFDM.

1.6 La Televisión Digital Terrestre en el Perú.

En el Perú, con Resolución Suprema N° 019-2009-MTC del 23 de abril de 2009, se resolvió adoptar el estándar ISDB-T como sistema de televisión digital terrestre (TDT). La elección del estándar para la TDT, fue resultado de las evaluaciones llevadas a cabo por una comisión designada para tal fin, tanto en las partes técnica, económica y de cooperación, ejecutándose pruebas de carácter subjetivo en diferentes escenarios geográficos del Perú (costa, sierra y selva). Los estándares de TDT evaluados fueron ATSC, DVB-T, ISDB-T y DTMB. El estándar ISDB-T fue elegido por sus mejores prestaciones y fundamentalmente por los beneficios para la inclusión social en el Perú. [3]

En la Tabla 1.1, se ilustra los resultados de la comisión multisectorial encargado para evaluar el desempeño de los estándares para televisión digital terrestre en el territorio peruano.

TABLA 1.1 Pruebas subjetivas de Calidad de Imagen y Sonido (0-5)

PRUEBA REALIZADA	ATSC	DBV-T	ISDB-T	DMB-T
Recepción Fija (HDTV)	3.22	3.32.	3.67	4.67
Recepción Fija (SDTV)	2.38	4.23	4.49	5.00
Movilidad (MOV)	1.03	1.43	2.23	4.18
Portabilidad(PRT)	0.00	4.07	3.97	0.00

El puntaje final se obtiene por la siguiente relación:

$$\text{Puntaje final} = 0.4\text{HDTV} + 0.3\text{SDTV} + 0.1\text{MOV} + 0.2\text{PRT}$$

El resultado se ilustra en la Figura 1.4, donde se observa que el estándar ISDB-T Japonés supera ligeramente al estándar Chino DMB-T. El estándar Americano ATSC queda rezagado debido que a la fecha de evaluación no tenía desarrollado la portabilidad.

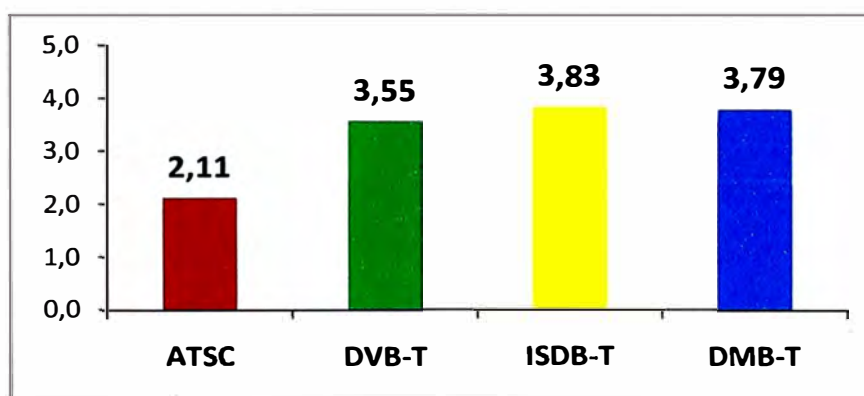


Figura 1.4 Resultado presentado por la Comisión Multisectorial del MTC.

El Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones del Perú, organismo estatal encargado de la administración y asignación del espectro radioeléctrico ha canalizado y establecido el proceso de cambio a la televisión digital.

En la Tabla 1.2 se presenta parte de esta canalización.

TABLA 1.2 Canalización para TDT en Perú

Numero de Canal	Empresa de Radiodifusión
Canal 16	TV Perú
Canal 18	ATV
Canal 20	Frecuencia Latina
Canal 22	Global TV
Canal 24	América Televisión
Canal 26	Panamericana Televisión
Canal 28	La Tele
Canal 32	Perú TV
Canal 34	Enlace Perú
Canal 36	Bethel Televisión
Canal 38	RBC Televisión

En la actualidad algunos canales de Radiodifusión ya tienen implementado la Televisión Digital en la Ciudad de Lima, en las siguientes modalidades las cuales se presentan en la Tabla 1.3

TABLA 1.3 Canales de TV implementado en TDT

Empresa de Radiodifusión	Modalidad de Transmisión
TV Perú	01 HDTV + 02 SDTV+01 LDTV
ATV	01 HDTV + 01 LDTV
Frecuencia Latina	01 SDTV + 01 LDTV
Global TV	01 SDTV

CAPITULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Formulación del problema

El STB para lograr la recepción de las señales de audio, video y datos deberá contar con herramientas de hardware como por ejemplo: sintonizador, demodulador, procesador, demultiplexor decodificador, tarjetas graficas, etc. además de un software asociado a dicho hardware.

En la actualidad el parque de televisores analógicos es muy grande y para que mantengan su vigencia en un ambiente digital, por lo tanto, por cada televisor analógico se necesitará un STB para acceder a los servicios de la televisión digital terrestre, entonces, es de esperar que en el futuro haya una gran demanda de este componente para recibir la señal de la televisión digital.

Por ahora, el telespectador no tiene mucha información acerca del set top box, esto se debe a que estamos en la fase inicial del proceso de cambio a la televisión digital, y por ahora su uso no es muy necesario ya que se transmiten en simultaneo tanto las señales de televisión analógicas y digitales. El uso del set top box será imprescindible en la fase final del proceso cuando ocurra el apagón analógico.

Algunos países que han adoptado el estándar ISDB-Tb al igual que el Perú, están realizando grandes despliegues tecnológicos para investigar la funcionalidad del STB tanto en el hardware como en el software, teniendo como meta su implementación.

Por consiguiente, el problema a resolver en el presente informe es obtener un conocimiento más amplio del equipo receptor Set Top Box, enfocando el estudio a su arquitectura de hardware en lo que respecta a los componentes tales como, el sintonizador/demodulador de la señal COFDM, el demultiplexor de Flujo de Transporte (TS) MPEG-2, los decodificadores MPEG-4 AVC/AAC de video, audio y datos, y la Unidad de Procesamiento Central (CPU). Así como también, estudiar los componentes de software: el sistema operativo asociado al hardware y a la interface de aplicaciones (Middleware) para el desarrollo de la televisión interactiva.

2.2 Equipos receptores para Televisión Digital Terrestre

La señal de la televisión digital se propaga por aire a través de una multiportadora de radiofrecuencia modulado digitalmente, llevando la información de audio, video y datos. Por lo tanto, para la recepción de la señal, se requiere de un equipo

especialmente diseñado tanto en hardware como en software, para aplicar el proceso inverso a la transmisión y extraer la información original.

En respuesta a esta necesidad se han diseñado varios tipos de receptores digitales, cuya función principal es la recepción y decodificación de la señal digital de televisión. Los equipos receptores para televisión digital terrestre son:

2.2.1 Televisor digital integrado (IDTV).

El televisor digital integrado permite recibir tanto las señales de televisión analógica y digitales, ya que están diseñados con dos sintonizadores uno analógico y el otro digital. Estos equipos son de última generación con pantalla LCD o LED, normalmente vienen en formato panorámico y pueden también conectarse a un equipo de Home Cinema (Cine en casa) para reproducir sonido multicanal 5:1.

En la Figura 2.1, se ilustra un televisor digital integrado que se conecta directo a la antena UHF. A nivel mundial se observa una tendencia hacia el STB lo que hace predecir que este modelo de receptor tenga un futuro incierto.



Figura 2.1 Televisor Digital Integrado (IDTV)

2.2.2 Set Top Box

Es un dispositivo externo que permite sintonizar las señales de televisión digital terrestre. En nuestro país, debe tener la capacidad de sintonizar las señales de Televisión Digital Terrestre, transmitidas bajo el estándar ISDB-Tb (Estándar Brasileiro). En la Figura 2.2, se ilustra la forma física que tienen los set top box comerciales.



Figura 2.2 Equipo Set Top Box estándar

2.3 Componentes básicos para la recepción de la TDT en el hogar.

Para la recepción de la señal de televisión digital, serán necesarios disponer de los siguientes equipos y se detallan en los acápite siguientes:

- Antena receptora en la banda UHF
- Receptor Set Top Box
- Televisor analógico o digital

2.3.1. Antena de recepción en la banda UHF

La televisión digital ocupa un ancho de banda 6 MHz y se transmite en el rango de frecuencias de 470 MHz a 860 MHz, correspondiente a los canales del 14 al 69 en la banda UHF. En la actualidad las antenas instaladas para recibir la televisión analógica corresponden a la banda VHF, por consiguiente para recibir la señal digital, se debe instalar otra antena en la banda UHF. En cuanto al tipo de antena a usar depende de la intensidad de la señal pudiéndose elegir entre una antena UHF de tipo interior o exterior.

2.3.2 Set Top Box o decodificador

El set top box, es un equipo externo que se encargara de recibir la señal digital de televisión decodificarla para su visualización en un televisor analógico o digital. Según la tendencia mundial, en el mercado de los Set Top Boxes no se considera que estos incluyan sintonizadores analógicos, dado que esta ha sido diseñada como un complemento a un aparato de recepción analógica ya existente y en la fase más desarrollada de la televisión digital este equipo tendrá la función principal de acondicionar la interactividad, siempre que se disponga del servicio de un canal de retorno.

2.3.3 Televisor analógico

Se refiere al equipo actual, televisores con pantallas de tubos de rayos catódicos (CRT) que se dispone para recibir la televisión analógica. Se convertirán en una simple pantalla para ver los programas de la televisión digital, en este caso la señal recibido por el STB se conectara a este equipo por medio de cables de audio y video analógico.

Por otro lado, mientras dure la vigencia del multicasting, estos equipos seguirán funcionando para sintonizar las señales de la televisión analógica. En la Figura 2.3 se ilustra la conexión de un set top box a un televisor analógico, en este caso se utilizara dos cables para la conexión del audio analógico estéreo canales izquierdo y derecho, y un cable para la conexión del video analógico

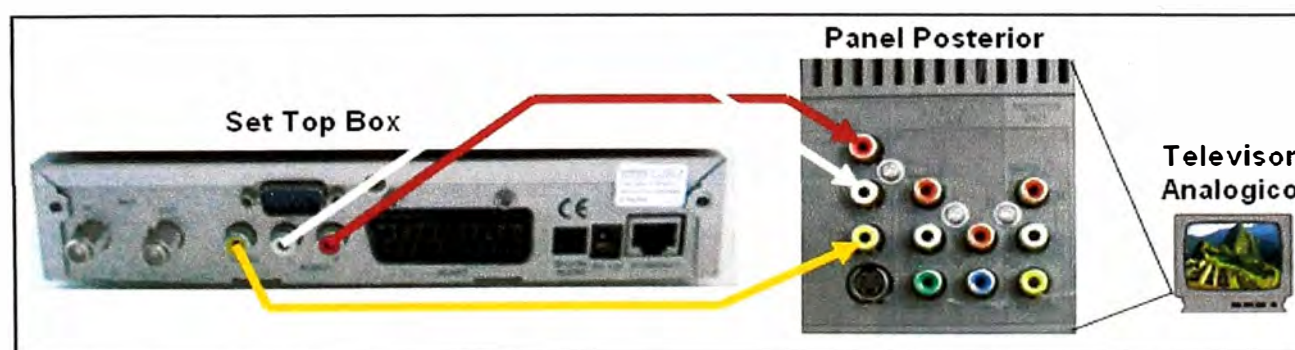


Figura 2.3 Conexión de un STB en un TV analógico

En estos televisores no se podrán apreciarse las imágenes en Alta Definición (HD), a pesar de que éstos tengan conectado un STB. Ello se debe a que las pantallas de estos últimos carecen de alta resolución, motivo por el cual, aunque la señal recibida por el STB sea de Alta Definición (HD), al momento de ser proyectada en la pantalla se perderán detalles que caracterizan a la alta definición de la Televisión Digital.

2.3.4 Televisor digital

Son la mayoría de televisores de pantalla plana (LCD, LED o Plasma) que se están comercializando últimamente, no cuentan con el sintonizador de televisión digital incorporada. Estos tipos de televisores, tienen la tecnología para que el telespectador pueda disfrutar de todas las bondades de la Televisión Digital de Alta Definición (HD), debido a que su pantalla cuenta con una resolución superior a la de los televisores con pantallas convencionales (CRT). La resolución necesaria para visualizar HD es de 1080i.

El televisor digital cumplirá la misma función que los televisores analógicos, con la diferencia de que esta tiene un hardware digital. Normalmente son de formato panorámico y soportan entradas digitales de audio y video. Algunos modelos pueden también conectarse a un equipo Cine en Casa y disfrutar así de sonido multicanal.

En la tecnología digital, la tendencia es que el Set top box se convierta en una puerta de acceso a todos los servicios digitales para los hogares, reservando a los televisores sin sintonizador digital la función de pantalla. En la Figura 2.4, se ilustra la conexión del STB a un TV Digital vía el cable HDMI, en este caso se utiliza un solo cable para transportar las señales de audio y video en formato digital.

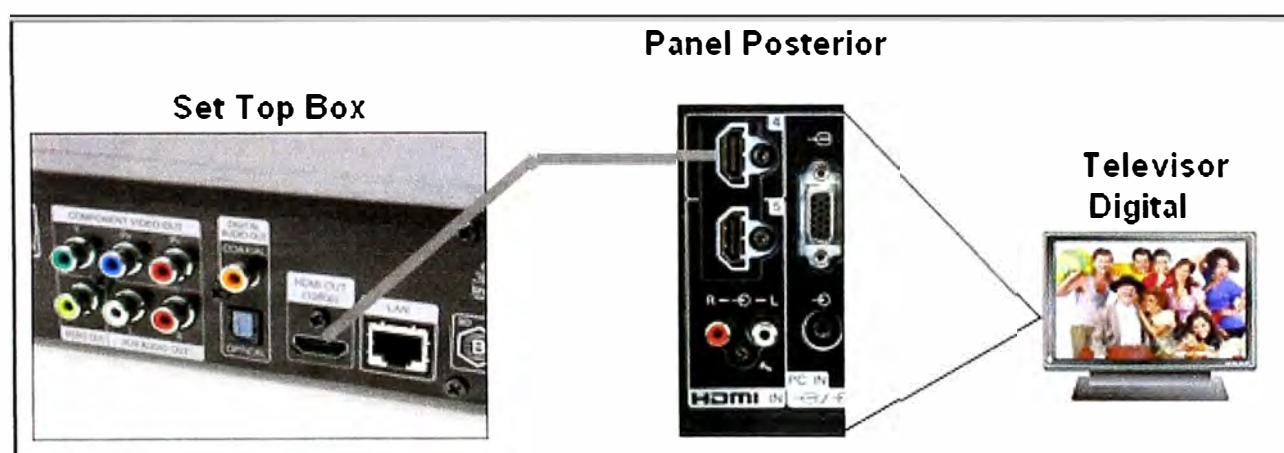


Figura 2.4 Conexión de un STB a un TV Digital

2.4 Clasificación del set top box.

Desde el punto de vista de servicio y ejecución de aplicaciones, se pueden definir tres perfiles de configuración del STB. Los perfiles son funcionalmente la flexibilidad tecnológica que ofrece el STB en el sistema de televisión digital.

De manera general las podemos clasificar en las siguientes categorías: [5]

2.4.1 Receptores tipo Broadcast TV

En esta categoría se considera un receptor de un costo muy bajo y con una tecnología muy limitada que ofrece los servicios tradicionales de audio y video. Es posible descargar aplicaciones que se ejecutaran con interactividad local, sin necesidad de utilizar el canal de retorno.

Además, trae instrumentos básicos de navegación, que le permiten ejecutar las aplicaciones residentes. También, disponen de una cantidad limitada de memoria, número de puertos de interface y capacidad de procesamiento. Estos equipos no están acondicionados con canal de retorno.

2.4.2 Receptores Enhanced TV con soporte de servicios interactivos

Estos equipos vienen equipados con un canal de retorno a través de un puerto Ethernet, esto le permite acceder a un conjunto de servicios interactivos asociados con el servicio de radiodifusión. Tienen mayor capacidad de procesamiento y memoria en relación al STB "Broadcast TV". Los "Enhanced" STB soportan comercio electrónico, video sobre demanda y un navegador para conexión a internet.

2.4.3 Receptores Advanced TV con soporte de servicios avanzados

Los STBs de servicios avanzados presentan una velocidad de procesamiento cerca de 10 veces superior a los set-top-box "Broadcast TV". Las capacidades mejoradas de este tipo de set-top-box en conjunto con el canal de retorno de elevada velocidad, permiten que tengan una variedad de servicios de Internet e interactividad. Las características avanzadas son:

- Generalmente, tienen un disco duro incorporado.
- Traen doble sintonizador para grabar contenidos en simultaneo
- Soporte para los juegos en tiempo real.
- Cuentan con interfaces de comunicación, tales como USB, Ethernet, Wireless, etc. Lo que les permite comunicarse con otros dispositivos móviles

2.5 Arquitectura general del Set Top Box

Los STB son sistemas embebidos que ejecutan las funciones específicas como la recepción de señales de la televisión digital, la decodificación de la señal de audio y video, y la presentación del mismo en un televisor o monitor. Todo el sistema está administrado por el CPU, que controla la interacción entre el sistema de hardware (componentes físicos) y las interfaces I/O utilizando para ello un sistema de software conformado por el sistema operativo en tiempo real (RTOS) y un software Middleware para ejecutar las aplicaciones tales como EPG, Data Casting, etc..

La arquitectura del STB es ilustrada en la Figura 2.5, mediante un esquema por capas las cuales pasamos a detallar en los siguientes acápite.



Figura 2.5 Arquitectura general de un Set Top Box

Primera capa o Servicios y contenidos.- La complejidad de los servicios dependerá mucho del hardware del STB y también, del espacio que se tenga en el multiplex, los especialistas recomiendan un 20% para la prestación de servicios interactivos. Estos servicios deben ser sencillos con una capacidad de 150 Kbps a 300Kbps.

Por otro lado, se debe considerar que el STB más difundido es el que tiene un hardware poco potente, y este factor influye en su carga (lenta) y en su diseño (pobre). Ejemplos de este tipo de servicios son las guías de programación electrónica (EPG), sistema pago por ver, juegos en línea, programas interactivos, entre otros.

Segunda capa o aplicaciones.- Para implementar la televisión interactiva, los especialistas recomiendan que las primeras aplicaciones deben ser sencillas y con interactividad local. El funcionamiento de estos servicios es similar al teletexto, pero en la versión digitalizada con un diseño atractivo.

La misma técnica se puede emplear a otras aplicaciones sencillas tales como: la información meteorológica, información bursátil, de tránsito, etc. El objetivo es que el telespectador se acostumbre a interactuar con el televisor.

Tercera capa o Middleware.- En la tercera capa, se encuentra el Middleware, el cual básicamente crea una interfaz entre el hardware del STB y las aplicaciones. En el mercado existirán los STBs con y sin middleware. Los primeros exigen mayor capacidad de procesamiento y por lo tanto tendrá un costo mayor.

El middleware hace posible la interactividad, pero tiene en contra que en el mercado hay una gran cantidad de STB conocidos con el nombre de "zapper", y son aquellos que no tienen un middleware instalado, pero son muy económicos y es suficiente para acceder a la televisión digital, básicamente obtener el audio y video. Un aporte importante del middleware es lo que hace posible que las aplicaciones puedan

circular de forma transparente sin preocuparse de la forma de acceso al hardware de un STB específico.

Cuarta capa o infraestructura de multimedia.- En esta capa se encuentran los componentes de decodificación y codificación y otros módulos multimedia. En un sistema en tiempo real la decodificación de los datos se suele hacer por hardware ya que el software no aporta la suficiente velocidad de trabajo necesario. En el STB estos componentes están integrados en un solo chip llamado ASIC (Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas). Este circuito integrado, contiene al decodificador, codificador, Demux, controladores de las interfaces como USB, HDMI, etc. Es el componente que más trabaja en el STB, consume mucha energía y también disipa calor por lo tanto es necesario una ventilación forzada.

Quinta capa o sistema operativo.- En esta capa está localizado el sistema operativo y es el responsable del funcionamiento del hardware, proporcionando una capa de abstracción al hardware del STB.

Sexta capa o hardware.- En esta capa tenemos los componentes del hardware del STB, que está constituido por un CPU, memorias, dispositivos de entrada y salida, dispositivos de almacenamiento, decodificador, sintonizador, etc. En la tarjeta principal (main board), se instalan todos los componentes electrónicos y también, en algunos equipos se incluye la fuente de alimentación y el modulo Front-End (sintonizador). En esta tarjeta se hacen todas las conexiones utilizando pistas de cobre. Es la capa que es materia de estudio en este informe.

2.6 Arquitectura del hardware de un set top box (STB).

El hardware del set top box básicamente se puede dividir en tres etapas.

Etapas Inicial (Front End). También conocido como modulo de sintonía. En esta etapa se realizan los procesos de sintonía de la frecuencia y demodulación. Es la etapa que diferencia a todos los STBs.

Etapas Intermedia.- En esta etapa se encuentran los componentes que procesan la señal en la fase de transporte .La señal que se procesa en esta etapa es un Flujo de datos multiplexado en el tiempo y contiene toda la información emitida por la estación televisora. Los componentes de hardware que comprende esta etapa son el demultiplexor, el CPU, las memorias RAM y FLASH, los controladores de periféricos como HDMI, USB, Ethernet, etc.

Etapas Final.- Compuesto por los decodificadores de audio y video, y los circuitos que acondicionan la señal para visualizarlo en la pantalla del TV.

En los STBs modernos las etapas Intermedia y Final están integradas en un solo chip conocido con circuito ASIC (Circuito Integrado de Aplicaciones Especificas).

En la Figura 2.6, se muestra el diagrama de bloques del hardware del set top box.

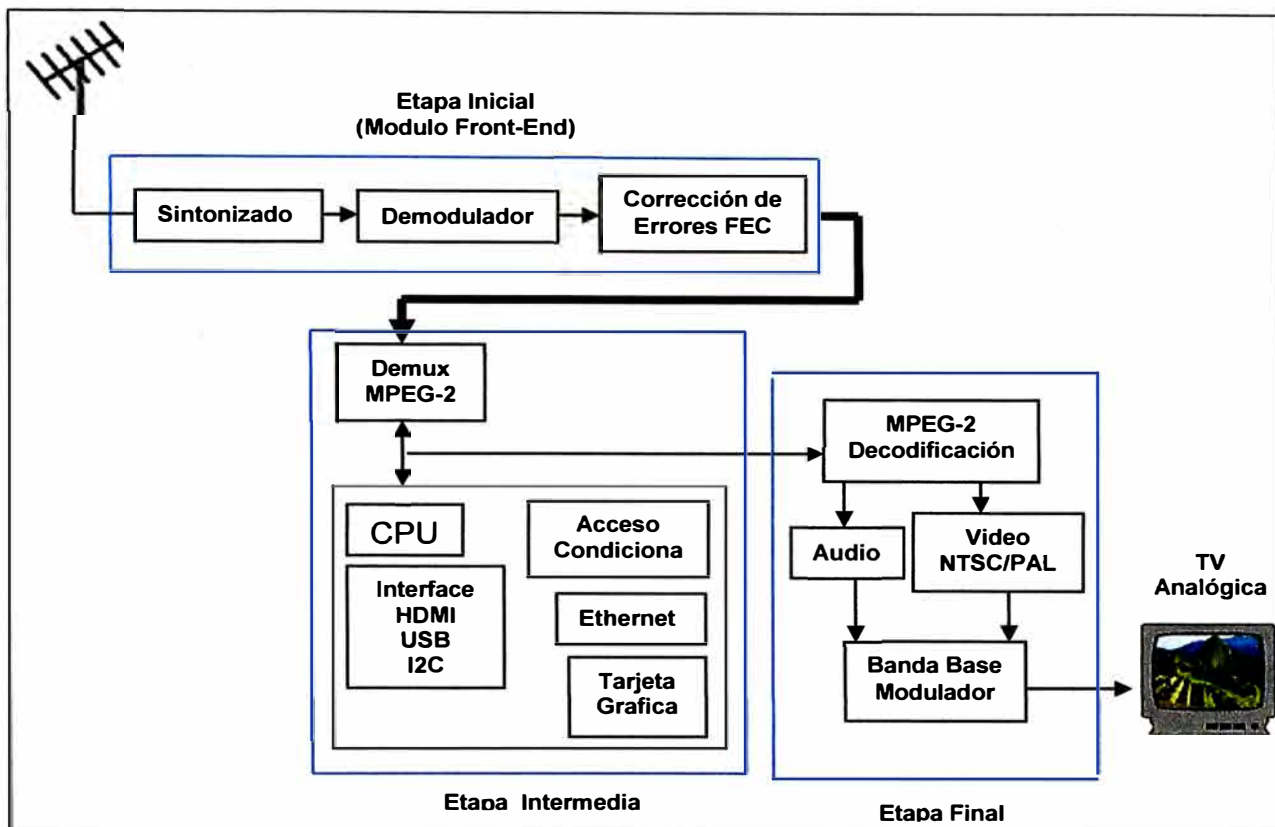


Figura 2.6 Arquitectura del hardware de un set top box. [6]

2.7 Descripción de la arquitectura de hardware del set top box

A continuación se realiza la descripción del hardware de un STB comercial.

Placa madre (Main board).- En la Figura 2.7, se ilustra la placa base sobre la cual se sostiene y conectan eléctricamente los componentes de hardware. Generalmente es de un material en fibra de vidrio de tipo FR4 (fibra de vidrio, impregnado con resina epóxica resistente a las llamas) y de doble capa.

Procesador (CPU).- El procesador se encarga de controlar todas las interacciones entre los componentes de hardware y módulos de software en el STB. El procesador también controla los dispositivos de memoria y otras formas de almacenamiento tales como disco duro, USB, etc.

El CPU, utiliza un sistema operativo en tiempo real en una capa de abstracción superior a la capa de hardware para la gestión de los recursos y procesos del STB dirigido por el software de nivel superior. [7]

En la Figura 2.7 se observa al CPU al cual generalmente se le acondiciona refrigeración forzada, por ser el dispositivo que está trabajando todo el tiempo, desde que se energiza el STB hasta que se apaga y por lo tanto disipa mucho calor.

Fuente de alimentación.- Se requiere que sea una fuente muy estable y confiable, pero

no se necesita de un diseño sofisticado. Generalmente es una fuente de alimentación de tipo switching (fuente conmutada), que se encarga de proveer voltaje (energía en corriente continua) a todos los periféricos en el STB. En algunos casos, provee alimentación a mecanismos externos para alineación de antenas y otros periféricos externos. (Ver Fig., 2.7)

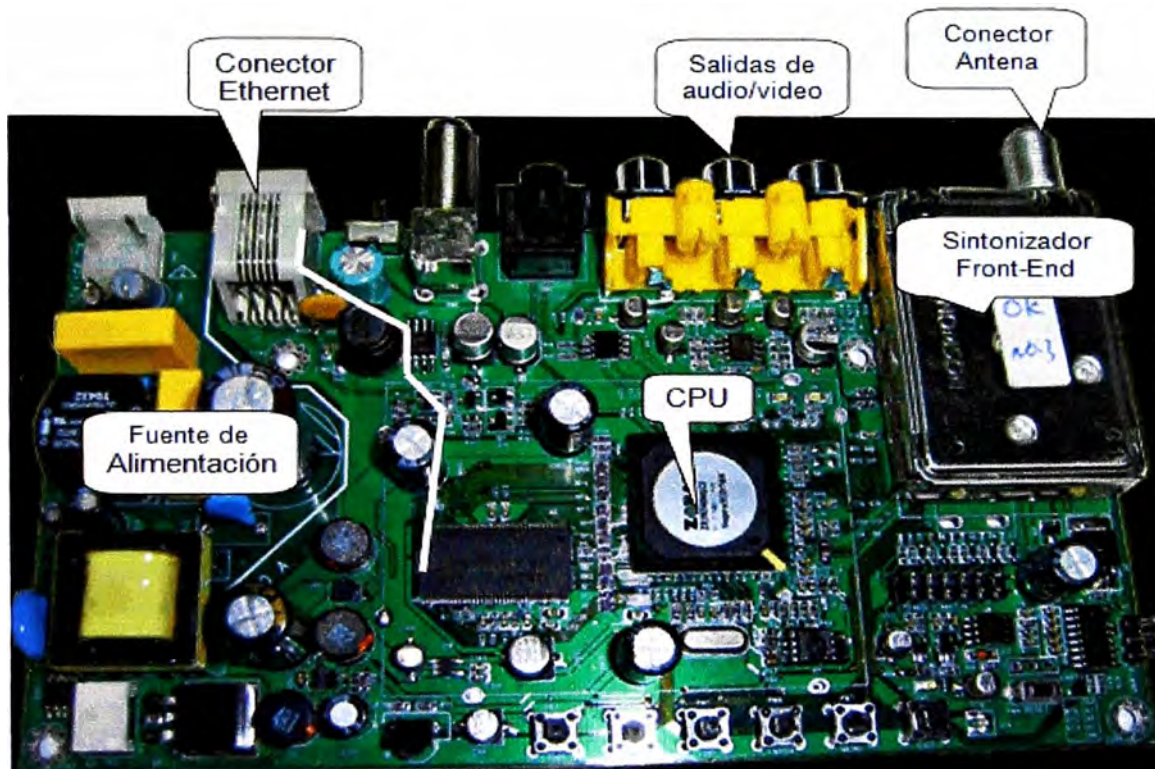


Figura. 2.7 Tarjeta madre (main board) de un set top box comercial

Panel Frontal. - Es la interface entre el telespectador y el STB, generalmente se utiliza el control remoto para hacer peticiones de servicio, como por ejemplo: subir/bajar el volumen, cambiar el formato de la pantalla, cambiar los formatos de audio, cambiar de canal, y otras funciones mas. Está conformado por el receptor infrarrojo IR y las teclas de operación. Se conecta directamente al CPU. (Ver Figura 2.8)

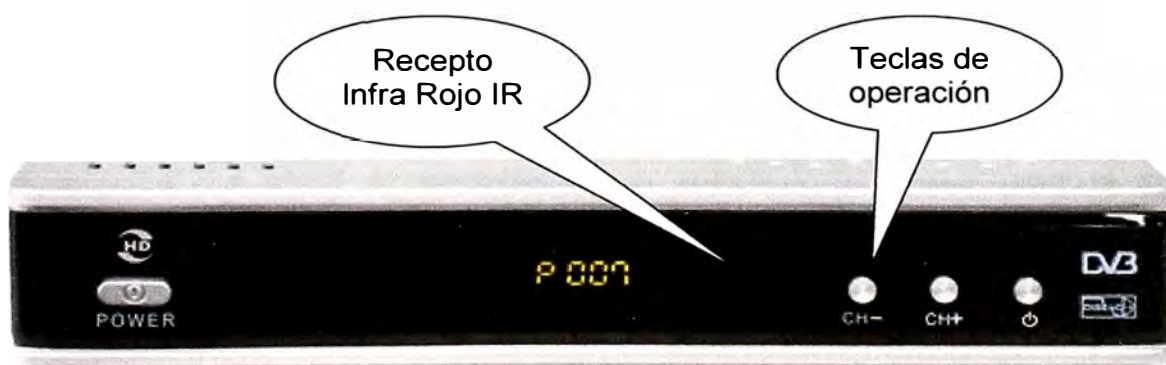


Figura. 2.8 Panel frontal del STB

Dispositivo de almacenamiento digital.-Generalmente es un disco duro y la función principal es la de almacenar contenido audiovisual de una película o serie que se esté viendo. Una unidad de disco duro acondicionado al STB con capacidad de 120 GB permite grabar hasta un estimado de 90 horas de televisión digital estándar o de 12 a 20 horas de televisión de alta definición. Entonces, la capacidad de almacenamiento del disco duro tiene mucho que ver con el estándar de codificación (MPEG-2, H.264) que se utilice.

Modulo de Acceso Condicional.- El modulo CA (Conditional Access) es un componente opcional en el STB, es la puerta de ingreso condicional que tiene el telespectador para hacer uso de ciertos programas o aplicaciones encriptados que ofrecen los proveedores de servicios a través de la señal de televisión.

Interface para canal de retorno.- Es un componentes opcional al set top box. Se encarga de la comunicación entre el STB con la estación difusora o proveedor de servicios. El medio de transmisión para el canal de retorno se puede establecer de diferentes formas como una línea telefónica PSTN, una conexión a Internet, vía inalámbrica Wi-Fi, etc. La información que envía el set top box por este canal, viaja en forma de paquetes de datos.

Otros periféricos.- Existen otros periféricos opcionales presentes dentro de un STB. Como por ejemplo: un puerto RS-232, un puerto USB, los capacitadores del Wi-Fi, dispositivos Bluetooth, etc. Están instalados dentro de un STB para ofrecer una mayor interactividad con el telespectador.

Estos periféricos se pueden utilizar para la creación de funciones avanzadas, como compartir archivos y conectarse con otros dispositivos externos.

2.8 Fases de procesamiento de señales en el set top box

En la Figura 2.9, se ilustra en diagrama de bloques del proceso que se aplica a la señal digital una vez que ingresa al STB. Esta la señal de televisión digital puede provenir de diferentes medios de transmisión como: cable, terrestre y satélite. En todos los casos se utilizara un STB diferente para recibir la señal digital, el STB no es inter operable entre estos tres medios de transmisión para un mismo estándar.

A continuación, se describe el proceso de la señal para un STB para televisión digital terrestre. La señal es captado por la antena y se envía hacia el modulo sintonizador digital, aquí se selecciona la frecuencia (canal de recepción) y la traslada a una frecuencia intermedia (FI) modulada en banda base (down-converter).

En la siguiente etapa, la señal ingresa al demodulador donde la FI es muestreada y digitalizada por un conversor A/D para luego realizar la demodulación para obtener un Flujo de datos TS. Se ejecutan los procesos de corrección de errores de transmisión,

obteniendo una señal multiplex conocido como Flujo de Transporte MPEG2-

Seguidamente esta señal ingresa al modulo demultiplexor que se encarga de separar los tres tipos de información digital audio, video y datos, en paquetes de datos comprimidos y codificados, para procesarlos por separado. El modulo de acceso condicional (CA) se encarga de decidir qué permisos tiene el telespectador para ver unos contenidos u otros y en función de eso, descifra los paquetes.

Seguidamente, los paquetes de audio y video pasan a los circuitos decodificadores, la convierten en señal analógica o digital y de acuerdo a las solicitudes del telespectador, son llevadas por el CPU a las interfaces de salida para ser visualizados por el telespectador. Los paquetes de datos que forman una aplicación se ejecutaran en caso de ser necesario o solicitados por el telespectador.

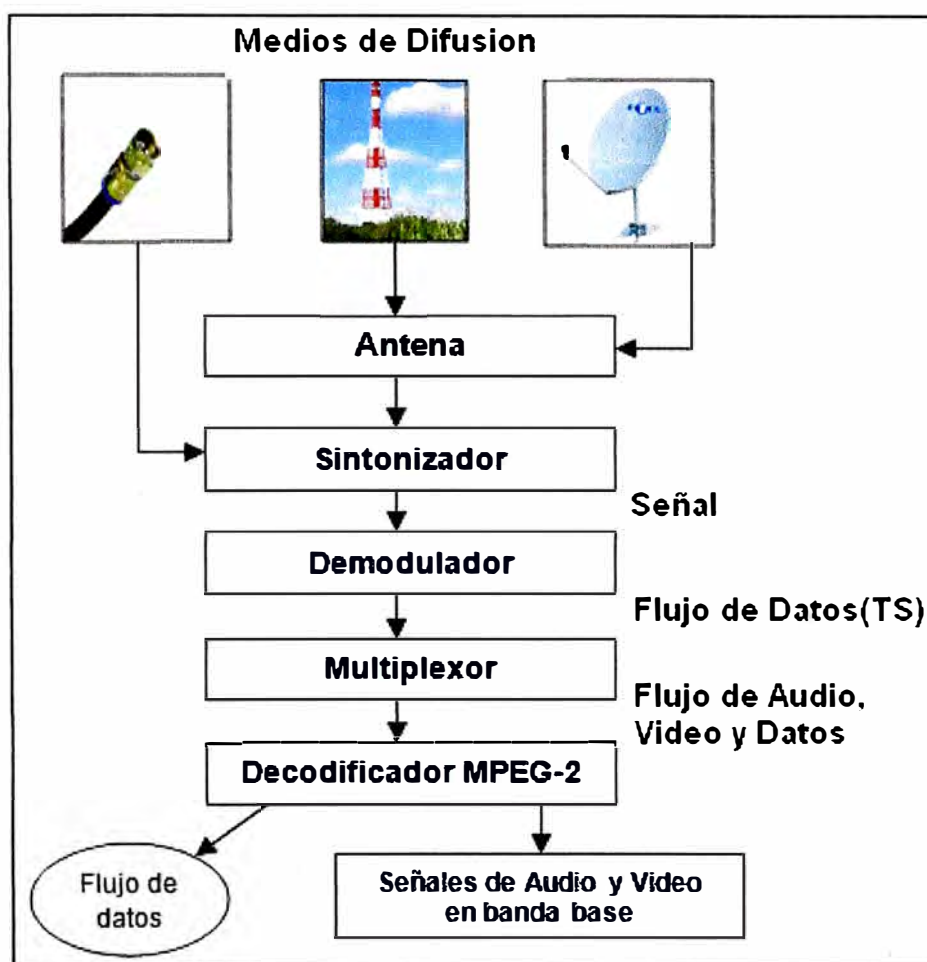


Figura 2.9. Procesamiento de la señal digital en el set top box

2.9 Descripción física las interfaces del receptor STB.

La interconexión del STB con los dispositivos externos se hará a través de los conectores de entrada/salida, generalmente están instaladas la parte posterior del equipo. La Figura 2.10, se muestra el panel posterior de un STB de categoría Broadcast.

Seguidamente, se explica la función y tipo de cada uno de estos conectores

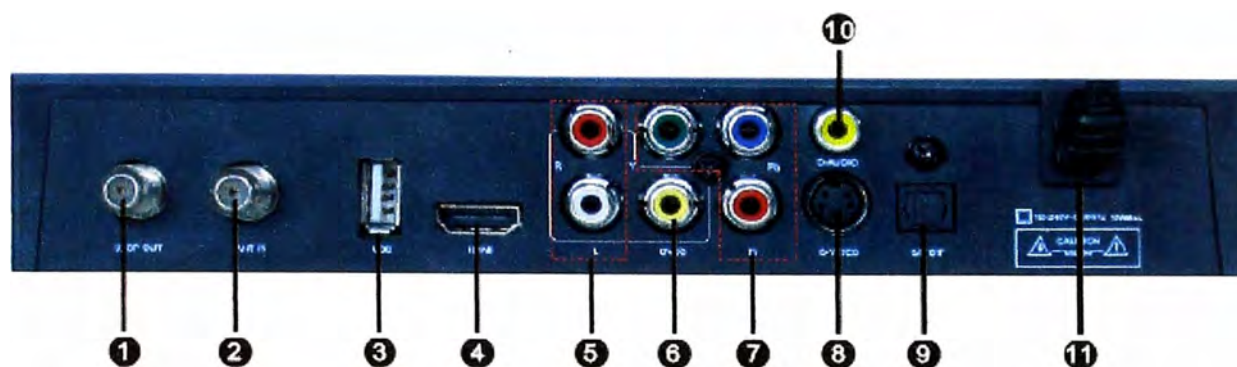


Figura 2.10 Panel posterior-conectores

1. **LOOP OUT:** Conector de RF de Tipo F hembra, se utiliza como salida de bucle para conectar a un segundo set top box.
2. **ANT IN:** Conector de RF de Tipo F hembra, se conecta el cable coaxial, la que a su vez se conectara a la antena UHF.
3. **USB:** Para conectar dispositivos USB2.0, nos permite grabar/reproducir contenidos multimedia (MP3, JPEG, DIVX, etc.)
4. **HDMI :** Conector de salida para señal multimedia en HD
5. **L/R:** Conectores de tipo RCA para salida de audio estéreo analógico.
6. **VIDEO:** Tipo de conector RCA. Salida de video compuesto analógico
7. **YPbPr:** Conectores de tipo RCA de salida de video por componentes en HD.
8. **S-VIDEO :** Conector de salida de tipo S-video
9. **S/PDIF :** Conector de salida tipo Fibra óptica para salida de audio digital
10. **D-AUDIO :** Salida de audio digital
11. **AC IN :** Conexión a la red eléctrica (AC 100-240V)

2.10 Especificaciones Técnicas de set top box Modelo HDB7800Z

Este modelo de STB incorpora un CHIP SET altamente integrado que permite tener un diseño de hardware muy simplificado. El hardware de este equipo está limitado solo a este chip, de la empresa MSTAR de código MDS7828L, el cual incorpora el hardware para el Demultiplexor, los decodificadores de audio y video, los controladores para las interfaces HDMI, USB, los moduladores NTSC/PAL para la salida de video analógico, etc. El CPU que administra todo el proceso tiene una velocidad de procesamiento de 216MHz. Y la memoria Flash donde se almacena el sistema operativo tiene una capacidad de 32Mbit. También utiliza 02 bancos de memoria de tipo DDR2 para almacenar datos temporales de una capacidad de 512Mb cada uno. Los otros módulos son sintonizador/demodulador CODFM y la fuente de alimentación, para finalmente conformar un receptor con capacidad para decodificar señales de televisión digital terrestre en alta definición.

Seguidamente, se presenta las especificaciones técnicas del STB HDB7800Z

 GOSPELL <small>TECHNOLOGY SERVICE PROVIDER</small>	高斯贝尔数码科技有限公司 GOSPELL DIGITAL TECHNOLOGY CO., LTD	Modelo No. : HD7800Z Version: V1.0
--	---	---

MODELO No.:HDB7800Z

Categoría: ISDB-T HD H.264/MPEG4/MPEG-2

Características Generales:

- ✓ Compatible con el estándar de Televisión ISDB-T
- ✓ HDTV/SDTV MPEG-2 Y decodificación MPEG-4 H.264
- ✓ Compatible con 480i/480p/576i/576p/720p/1080i
- ✓ Salida Alta Definición en HDMI
- ✓ Salida de audio digital en S/PDIF
- ✓ Soporta Teletexto/Subtitulo/Multi Lenguaje
- ✓ Soporta EPG (Guía de Programación Electrónica)
- ✓ Permite editar canales (Favorito, Mover, Borrar, Clave)
- ✓ Relación de aspecto (16:9 y 4:3)
- ✓ Soporta USB2.0 y OTA
- ✓ Soporta USB2.0, PVR, MP3,AVI(Divx) y JPG

Panel Frontal



Medidas: 200x35mm

Panel Posterior

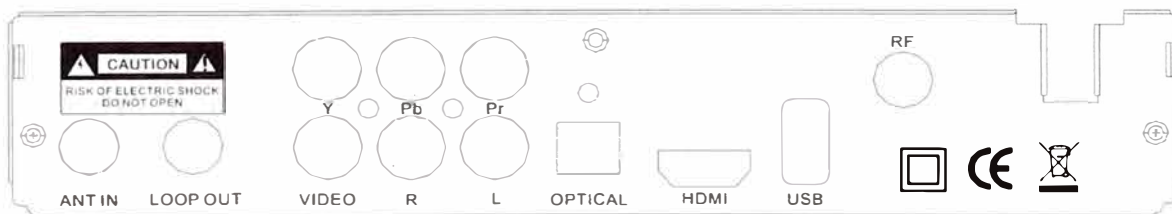


Figura 2.11 Características generales del STB HDB7800Z

El HDB7800Z, proporciona la recepción de canales FTA (canales libres sin codificar) de hasta 5000 canales con una rápida capacidad de sintonía.

TABLA 2.1 Especificaciones Técnicas del STB HDB7800Z

CHIPSET Y MEMORIA	
CPU 216 MHz	
FLASH 8MB	
RAM DDR2-1Gbit/667Mbps	
INTERFACES	
01 Entrada de RF y 01 Salida de RF LOOP	
Salida de Video : RCA, HDMI, YPbPr	
Salida de audio estéreo en RCA	
Salida de audio Digital en Coaxial/SPDIF	
USB2.0(PVR)	
SINTONIZADOR	
Rango de frecuencia	VHF: 170 -216 MHz UHF: 470 - 858 MHz
Nivel de entrada RF	-20 a -80 dBm
DEMODULACION	
Estándar	ISDB-T
Demodulación	DQPSK/QPSK/16QAM/64QAM
Modo de intervalo de guarda	1/32, 1/16, 1/8, 1/4
Modos de FEC	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
Ancho de banda	6 MHz
DECODIFICACION DE VIDEO	
Compatible con el estándar	MPEG2@HL/ML, H.264 @L4.1
Relación de aspecto	3:4, 16:9
Formato de video analógico	PAL/NTSC
Resolución de video	480i/480p/576i/576p/720p/1080i
DECODIFICACION DE AUDIO	
Estándar	MPEG-1/2/3, AC-3, HE AAC
Modo de salida	Left, Right, Stereo
SALIDA ALTA DEFINICION	
Formato	1080i, 720p, 576p, Auto
Conector	HDMI / YPbPr / CVBS
Alimentación	
Rango de voltaje	AC100 ~ 240V, 50/60Hz
Consumo de energía	10Wmax
Temperatura	
Temperatura de operación	0 ~ +45°C

CAPITULO III COMPONENTES DE HARDWARE DE UN SET TOP BOX

3.1 Introducción.

En esta parte del informe se estudia los componentes de hardware que componen el STB. Este ha evolucionado rápidamente en estos últimos años de tal manera que los equipos actuales se diseñan con la mínima cantidad de componentes discretos semiconductores. La mayor parte del procesamiento que se realiza está empaquetado en un solo chip conocido como SoC (Sistema sobre el Chip).

Para ejecutar esta función que involucran manejo de información digital en su totalidad, estos dispositivos deben tener capacidad de procesamiento. Por lo tanto, debe tener un hardware que puede contener tecnologías que son comunes en los computadores personales, tales como uno o más procesadores, memorias, controladores de dispositivos, etc. y un software (sistema operativo, BIOS, etc.) que se desarrollan simultáneamente.

La Unidad de Procesamiento Central (CPU) controla toda la operación y realiza la función específica de manipulación de datos. Por lo general, utiliza un sistema operativo en tiempo real (RTOS) en una capa de abstracción en la parte superior del hardware, para la gestión de los recursos y procesos del set top box dirigido por un software de nivel superior. [8]

Dado que el STB se dedica a tareas muy específicas, el diseño general se puede optimizar, reducir su tamaño y en consecuencia el costo del producto. Los fabricantes normalmente suelen seleccionar el hardware que sea "bueno y suficiente" para implementar las funciones necesarias. Por ejemplo, STB para televisión por satélite tiene que procesar grandes cantidades de datos por segundo, pero la mayor parte del procesamiento es realizado por circuitos integrados específicos.

Finalmente, la arquitectura de hardware del set top box se reduce a una integración de una gran parte de las tareas para procesar la señal en un solo chip. Estas plataformas de solución se conocen como los integrados ASIC o Soc. (Circuito integrado para soluciones específicas), cuya incorporación al set top box, inciden en la gran diversidad de modelos y también la producción será más fácil y rápido.

3.2 Recursos de hardware del set top box

Un set top box puede ser considerado como una colección de pequeños bloques

funcionales o módulos, en la que cada modulo ejecuta una función bien definida. Un modulo puede estar compuesto por solamente hardware o solamente software o una combinación de estos dos.

Los recursos de hardware que componen del set top box son: [8]

- Sintonizador/demodulador
- De multiplexor
- Modulo de acceso condicional (CA)
- Decodificadores
- Procesador grafico
- Interfaz de comunicación/modem
- Procesador principal (CPU)
- Memoria
- Disco duro
- Modulo de control remoto IR
- Interfaces fisicas
- Controladores asociados a las interfaces

3.3 Modulo sintonizador y demodulador

A esta parte del hardware del STB se le conoce también, como modulo “Front-End”. Y con el fin de mejorar el funcionamiento de la etapa de recepción, este modulo se implementa utilizando un circuito sintonizador y un demodulador haciéndolos trabajar muy próximos. El diagrama de bloques de este pequeño sistema se ilustra en la Figura 3.1, [9] en la cual se observa que está compuesto por un circuito sintonizador, y un circuito demodulador con capacidad para corrección de errores de transmisión.



Figura 3.1 Diagrama de bloques del módulo Front - End

A continuación se describe cada uno de los bloques de la Figura 3.1

3.3.1 Circuito Sintonizador de la etapa Front-End

Es el encargado de recibir la señal de RF y extraer la señal de FI donde se seleccionan los datos de audio, video y datos. Para realizar el filtrado de la señal debe posibilitar la selección de ancho de banda entre 6,7y 8 MHz de acuerdo a la norma de cada país. En la Tabla 3.1 se presenta las especificaciones básicas para el circuito sintonizador.

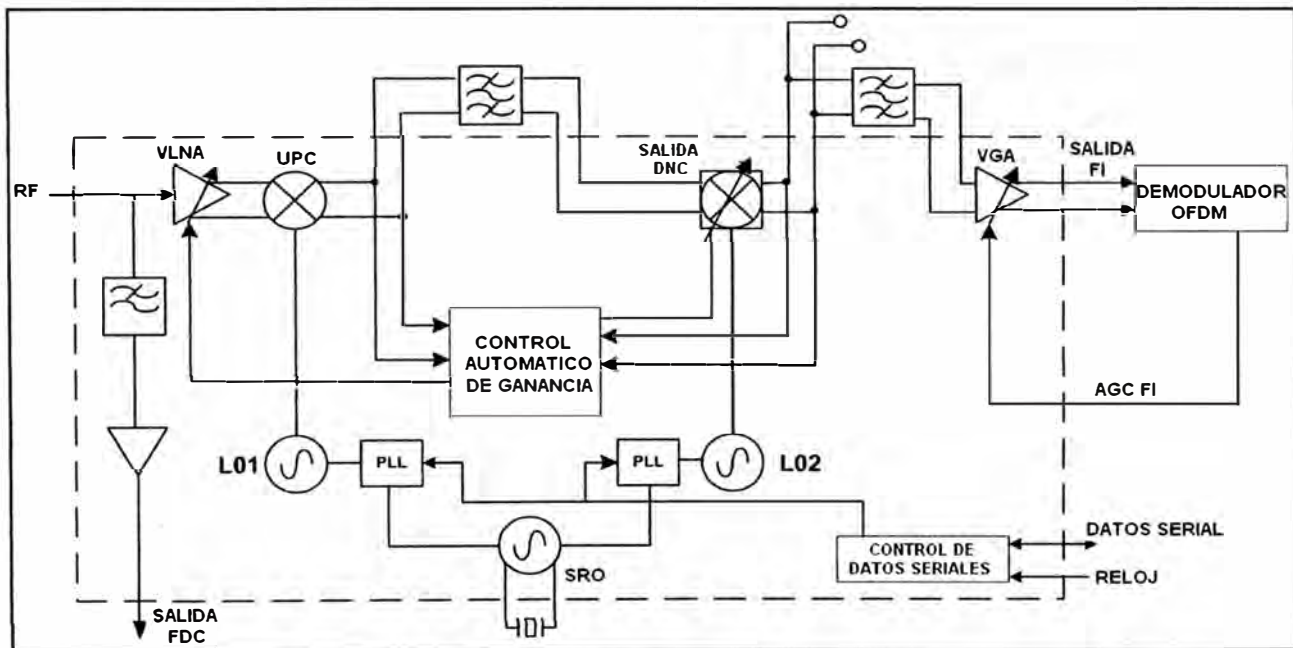
TABLA 3.1 Especificaciones básicas para el sintonizador

Item	Especificaciones
Frecuencia de recepción	470 - 860 MHz
Nivel de RF de entrada	-15 a -80 dBm (typ.)
Señal de Salida	ISDB-T : FI (30 – 57 MHz)
Bus de comunicación para Control	I2c BUS

Las funciones principales que se ejecutan en el modulo Front-End son:

- Sintonizar la frecuencia del canal seleccionado
- Amplificar la señal de RF para que pueda ser procesado adecuadamente por el circuito demodulador.
- Filtrar las señales externas que pueden generar interferencias, tales como los canales adyacentes del canal digital y analógico.

En la Figura 3.2 está ilustra el diagrama de bloques de un circuito sintonizador compuesto por amplificadores (LNA) de RF de bajo ruido, con excelente sensibilidad y alta linealidad, filtros SAW digitales, Osciladores de RF, filtros digitales con alta capacidad de rechazo para reducir las interferencias de los canales adyacentes

**Figura 3.2 Diagrama de bloques del sintonizador para TDT**

El circuito sintonizador está controlado por el circuito demodulador y el CPU. La ganancia de los amplificadores LNA, uno en la etapa de RF y otra para FI, están controlados con un circuito AGC que aseguran un control dinámico de la ganancia de los amplificadores. Además, la ganancia de amplificadores tanto de FI y RF se compensan para garantizar un lazo de AGC lineal (para aplicaciones de portabilidad y movilidad).

3.3.2 Circuito Demodulador de la etapa Front-End

La señal de FI analógica que se obtiene del circuito sintonizador ingresa al demodulador. Para procesar esta señal el circuito demodulador la digitaliza utilizando un circuito conversor A/D interno que generalmente son 10 bits y de alto rendimiento. Tras el ADC se salta a un circuito conversor de la banda y de forma paralela a un circuito de A.G.C (Control automático de ganancia). El A.G.C es el encargado de enviar una tensión de control al sintonizador, el cual amplificará la señal de entrada en función de esta tensión de control. Esto es muy útil cuando cambiamos de Múltiplex, todos los cuales no vienen con la misma potencia. El siguiente modulo es la transformada de Fourier, es decir FFT. La demodulación completa recibe el nombre de OFDM. Es evidente que nos hemos saltado un buen conjunto de circuitería entre estas dos etapas como detector de TPS o sincronización de portadora entre otras, pero ya son precisiones muy complejas de traer aquí ahora. La sensibilidad de un STB empieza realmente aquí a pesar de obtener buenos valores, el ruido impulsivo es un gran enemigo en estas etapas.

En forma simultánea a este proceso, el circuito demodulador interactúa con el circuito sintonizador controlando la ganancia de los amplificadores de RF y FI (LNA), por medio de un control dual de AGC, uno para la señal en RF y otra para FI. En la Figura 3.3 se presenta el diagrama de bloques del circuito demodulador

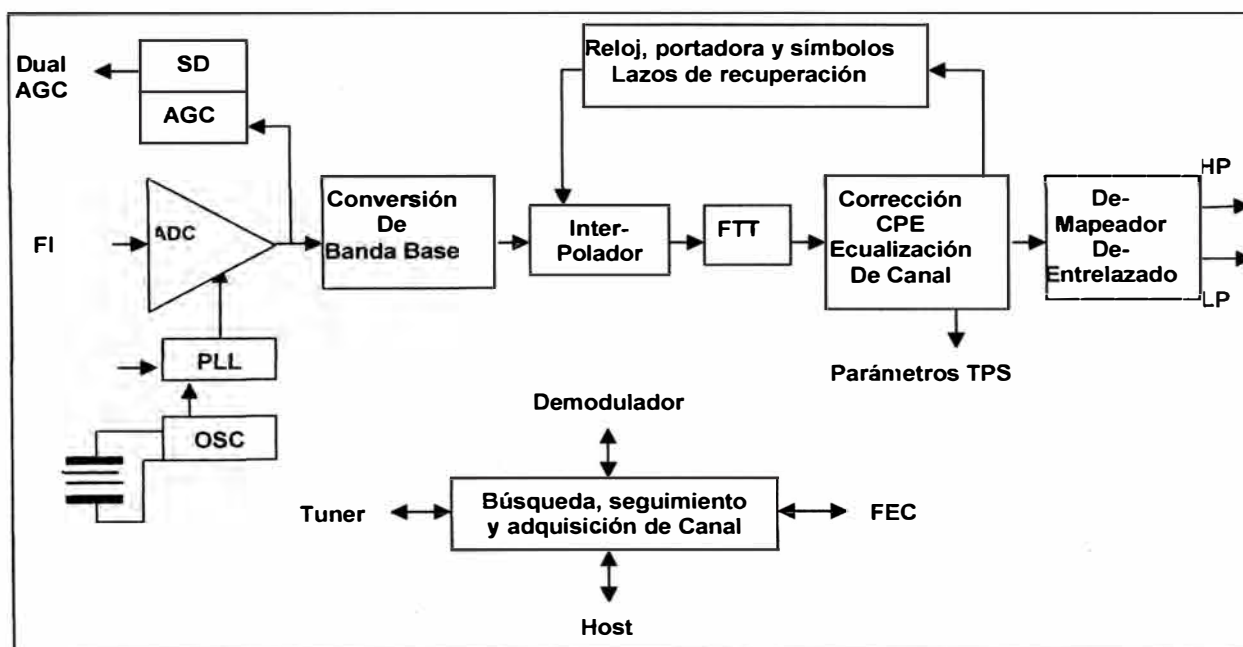


Figura 3.3 Diagrama de bloques del demodulador para TDT

3.3.3 Corrección de errores FEC en la etapa Front-End

El siguiente bloque se conoce como FEC, etapa final donde se aplica las correcciones de errores. La demodulación completa recibe el nombre de OFDM. El chip permite realizar una corrección de código antes del demodulador y después de este

“Viterbi Decoder Pre-Decoder y Reed Salomón Post-Decoder”. Estas correcciones están en la etapa FEC. Existen monitores de estas etapas “BER”. El chip es capaz de identificar valores de datos bajos y dar prioridad a los datos mejor obtenidos en la corrección, si cae en error entonces interrumpirá el flujo de datos hacia estos correctores. Todo el algoritmo de este proceso se encuentra ya implementado en el chip.

Una vez que el flujo de bits se ha recuperado se comprueba los errores y se enviara al demultiplexor. La salida del bloque sintonizador/demodulador es un flujo de datos en el estándar MPEG-2 TS con niveles TTL. La Figura 3.4 muestra el diagrama de bloques del proceso FEC que esta implementado en el circuito Demodulador.

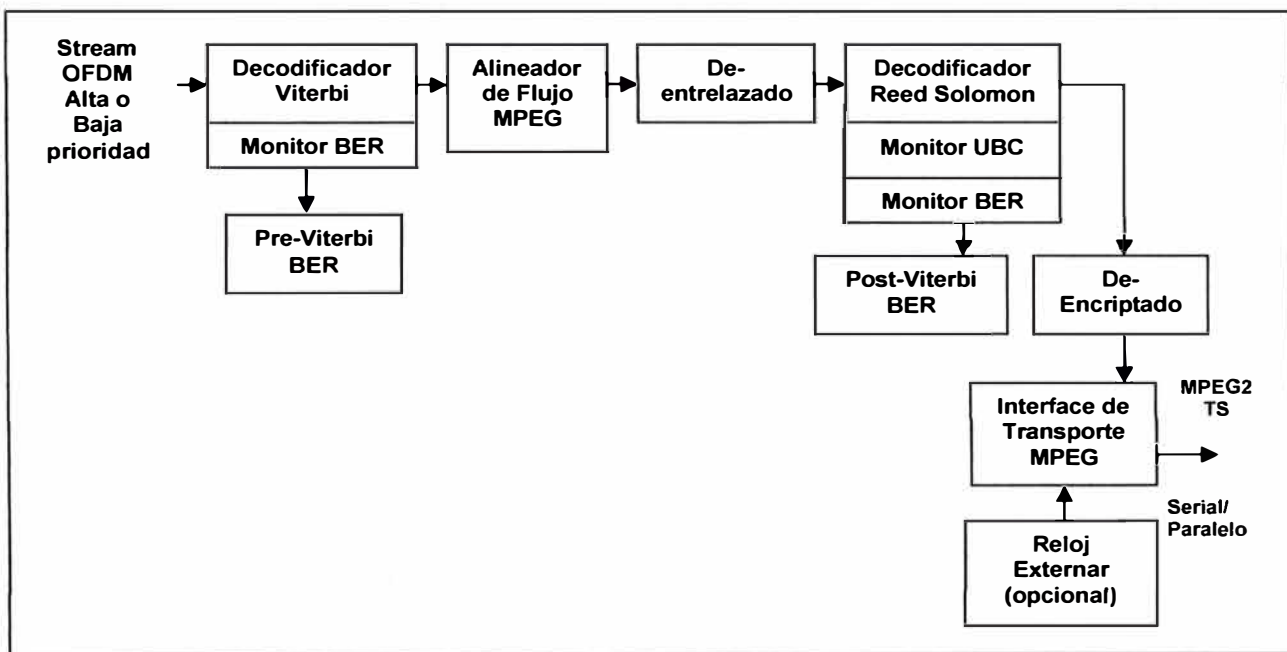


Figura 3.4 Diagramas de Bloques del FEC

En general, lo que distingue a cada estándar de televisión digital que existe en la actualidad es la forma cómo transmite la señal, es decir, los parámetros de codificación y el esquema de modulación que utiliza. Y en la recepción, la función del modulo Front-End, es la encargada de identificar la configuración de transmisión que tiene la señal, y luego haciendo uso de herramientas para la corrección de errores hacer la demodulación de la señal TS.

Los estándares de Televisión Digital especifican diferentes esquemas de codificación en la capa física, tales como.

- Constelación o esquemas de modulación: QPSK, 16 QAM o 64 QAM
- Taza de codificación para protección interna de errores: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 o 7/8
- Longitudes para el intervalo de guarda: $T_u / 4$, $T_u / 8$, $T_u / 16$ o $T_u / 32$
- Modo de transmisión: 2K(1,705 portadoras por símbolo OFDM), 4K u 8K(6817)
- Modulación y codificación de canal jerárquica y no jerárquica

El modulo front-end automáticamente detectara el modo de transmisión de la señal que recibe y el circuito demodulador deberá ser capaz de demodular correctamente cualquier configuración de transmisión.

3.3.4 Principales fabricantes de módulos Front-End

Entre los principales fabricantes de circuitos Integrados, Chipset, SoC y módulos Front End están los siguientes: DibCom, Maxim, Fujitsu Microelectronics, Trident, NXP, STmicroelectronics, LG Eelectronics, SiTune, Trident, NXP, etc.

En la Figura 3.5, se muestra la forma física que los fabricantes han estandarizado para este modulo.

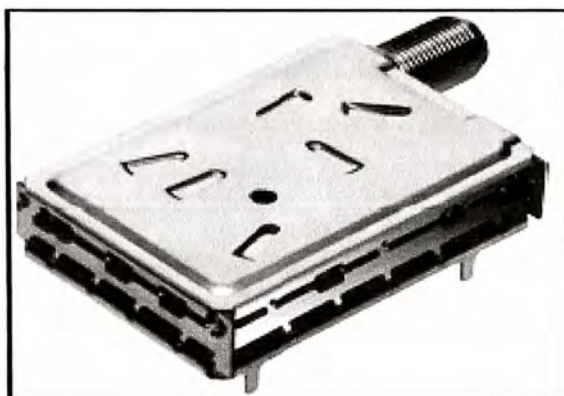


Figura 3.5 Aspecto físico del Modulo Front-End

En la Figura 3.6 presenta la imagen de un modulo Front-End para el estándar ISBT-Tb, compuesto por un CI demodulador TC90517 y un CI sintonizador.



Figura 3.6 Modulo Front-End para IDTV

3.3.5 Especificaciones técnicas de un Sintonizador para TDT: MT2131C

Descripción General

El Circuito Integrado MT2131C es un sintonizador para TDT un solo chip, optimizado para la fabricación de Televisores Digitales Integrados y Set-Top-Box bajo el estándar digital ATSC.

El MT2131 opera en el rango de frecuencias de entrada de 40 MHz a 1 GHz y convierte la frecuencia del canal seleccionado a una frecuencia intermedia (FI) entre 30 MHz y 57 MHz. El sintonizador emplea amplificadores LNA integrados al chip, de alta sensibilidad y excelente estabilidad de ganancia en toda la banda de recepción.

En el chip MT2131 se integra una gran parte del circuito sintonizador de tal manera que se implementa con pocos elementos externos y así reducir la cantidad de materiales (BOM) que incide en el costo de un receptor para Televisión.

Aplicaciones

- Módulos Front-End NTSC/ATSC
- Front-End para Set Top Box en estándar NTSC
- Televisión Digital Integrado para cable Digital ATSC
- Grabadores de Video Personal (PVR) para estándar ATSC.
- Grabadores DVD

Características Generales

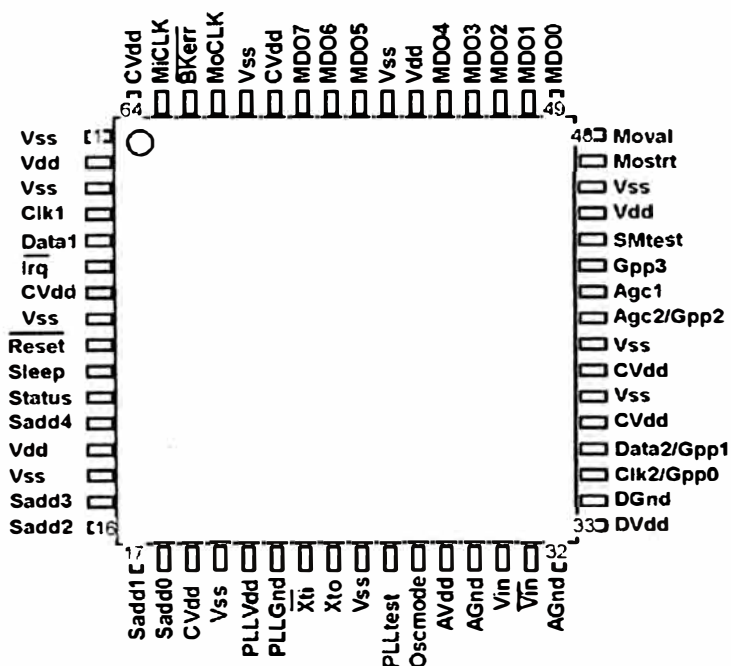
- Rango de Frecuencias de 48 MHz a 1 GHz
- Filtro Pasa Banda Integrado.
- Detector de potencia RF y control de AGC de lazo cerrado.
- Control de AGC Programable en etapa RF
- Una sola entrada de RF
- Amplificador de bajo ruido con excelente sensibilidad para señal Terrestre
- Contiene Amplificador de FI con Ganancia variable para conectarse directamente a un demodulador digital.
- Totalmente compatible con señales ATSC, QAM, y NTSC.
- Incorpora Filtro Pasa bajos (FDC) y amplificador Buffer.
- Capacidad para alimentar múltiples filtros FI.
- Compatible con Bus serial (I2C) de 3.3V y 5 V.
- Encapsulado QFN 48 pines, 7 mm X 7 mm

TABLA 3.2 Agrupación de pines por funciones

Grupo de Pines	Cantidad
Pines MPEG	15
Pines de Control	19
Pines Analógicos	2
Pines de Alimentación	28

TABLA 3.3 Características Eléctricas del sintonizador MT2131

PARAMETRO	MIN	TYP	MAX	UNIT
Fuente de alimentación				
Corrientes (5V)		240		mA
Corrientes (3.3V)		95		mA
Bloque de RF				
Frecuencia de entrada	48		1000	MHz
Figura de ruido (Modo fuera del aire)		6		dB
Ganancia Voltaje		42		dB
Rango del AGC en RF		55		dB
Rechazo de Imagen		70		dBc
Ruido de fase LO (10kHz)		84		dBc/Hz
Ruido de fase LO (100 kHz)		104		dBc/Hz
LO salto de frecuencia		50		kHz
FI en VGA				
Rango de Frecuencia	30		57	MHz
Máximo voltaje de salida			2.0	Vp-p
Maxima ganancia en voltaje		60		dB
Rango del control AGC en FI		46		dB
Amplificador fuera de banda (FDCA)				
Ran go de frecuencias	50		130	MHz
Maxima ganancia en voltaje		12		dB
Consumo de corriente 5V		30		mA

**Figura 3.7 Encapsulado QFN del MT2131**

3.3.6 Especificaciones técnicas de un Demodulador para TDT: MB86A21

DEMODULADOR OFDM [10]

MB86A21

HOJA TECNICA
MB86A21 OFDM DEMODULADOR

FUJITSU

THE POSSIBILITIES ARE INFINITE

Descripción General

El MB86A21 es un circuito demodulador OFDM compatible con el estándar de Televisión Digital Terrestre Japonés (ISDB-T 13 Segmentos), y también para la recepción de 1-segmento y 3-segmentos en radio digital terrestre (ISDB-Tsb).

Además, contiene un conversor A/D de 8KFFT, un de-entrelazador en (frecuencia, tiempo, Byte bit), Corrección de errores (Viterbi, Reed Solomon), decodificador TMCC en el proceso multi cuadro con memoria suficiente implementado en el chip.

Características Generales

- Compatible con las tres capas de transmisión del ISDB-T (Modos1/2/3)
- Compatible con la recepción 1-segmento/3-segmento de radiodifusión digital terrestre para (ISDB-Tsb)
- Frecuencias entrada de la señal FI de 4MHz/44MHz/57MHz (con recorte de +/- 3MHz a partir de la frecuencia central FI).
- Captura de la portadora en el rango +/-250KHz
- Auto detección del modo de transmisión/intervalo de guarda
- Muy buena supresión de espurreas
- Fuente de alimentación: 1.2V (circuitos analógicos), 3.3V(I/O)
- Consumo de potencia 85mW típico
- Encapsulado: LQFP 64 pines
- Incorpora
 - Circuito decodificador TMCC
 - Memoria De-entrelazado
 - Monitoreo C/N,MER,BER
 - Función de búsqueda de canal de alta velocidad
 - Bus interface serial I2C
 - Bus I2C para control del sintonizador
 - Capacidad de trabajo en modo Stanby

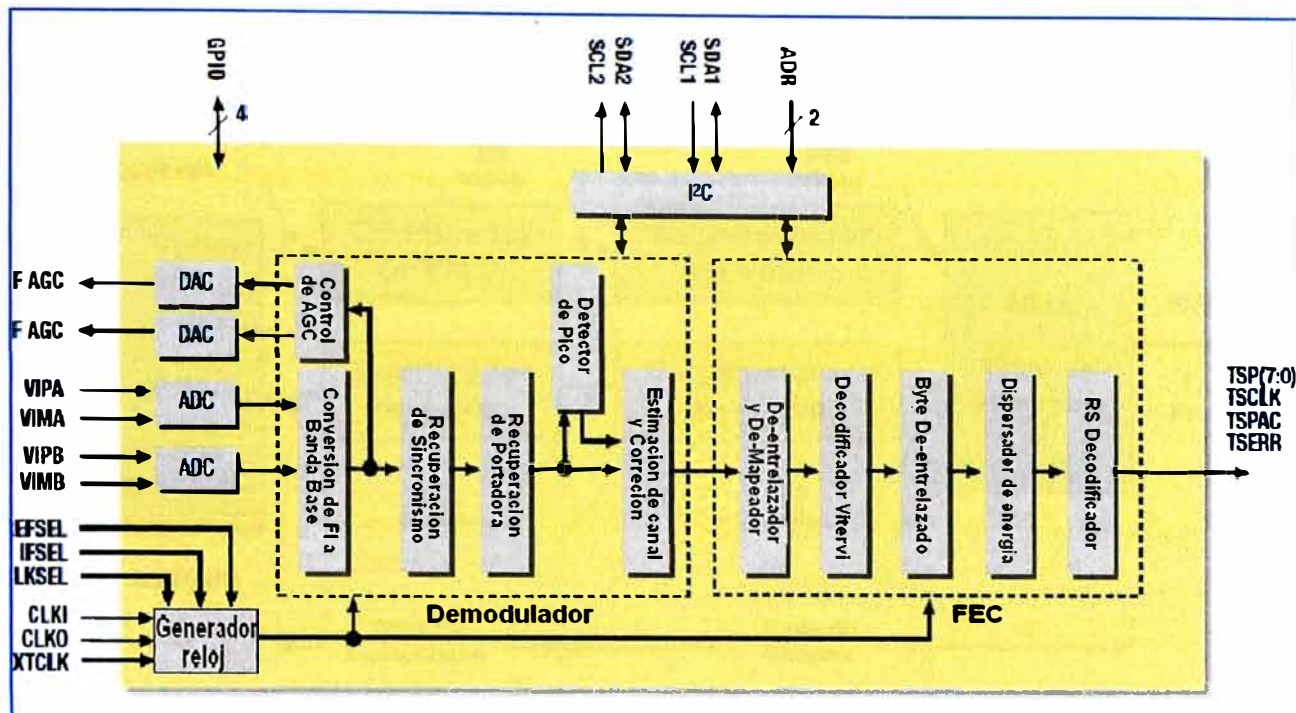


Figura 3.8 Diagrama de bloques del demodulador OFDM

3.4 El Circuito Demultiplexor

Esta parte del estudio corresponde a la fase intermedia del funcionamiento del STB. La señal que se obtiene de la etapa Front-End ingresará al circuito demultiplexor y tendrá la forma de Flujo de datos que se conocen como Flujo de Transporte MPEG-2 TS.

Este Flujo de datos tiene la forma de una señal multiplex y tendrá una diversidad que dependerá principalmente de los contenidos multimedia emitidos por la estación televisora. Por ejemplo, es posible tener una señal en Alta Definición (HD) y dos señales en definición estándar (SD), con sus respectivos canales de audio. Adicionalmente, puede contener información tipo broadcasting, EPG (Guía de Programación Electrónica), informativas (tráfico, bolsa comercial, temperatura, etc.) y otros más.

El circuito demultiplexor se encargará principalmente de separar todos los flujos elementales (ES) de datos, audio y video. Para los contenidos encriptados el CPU solicitará los permisos correspondiente al módulo Acceso Condicional. La selección de los paquetes de audio, video y datos se realiza de acuerdo con las peticiones que hace el telespectador, por medio del control remoto. Estas peticiones son comunicadas al CPU por medio de las interfaces de I/O, por ejemplo la interface de infrarrojo del panel frontal del STB. De este modo se obtiene los flujos elementales de video y audio, que aun están comprimidos y/o codificados en los formatos que se utilizó en la etapa de transmisión.

3.5 Análisis del Flujo de Transporte MPEG-2. [11].

Para realizar este análisis del Flujo de datos que ingresa al demultiplexor, será necesario estudiar la forma como se genera la señal MPEG-2 TS en la transmisión. En la

Figura 3.9, se ilustra un esquema general de la forma como se generan los Flujos de datos MPEG-2, y también se observa que la secuencia de operaciones puede dividirse en dos bloques, denominados “Capa de Compresión” y “Capa de Sistema”:

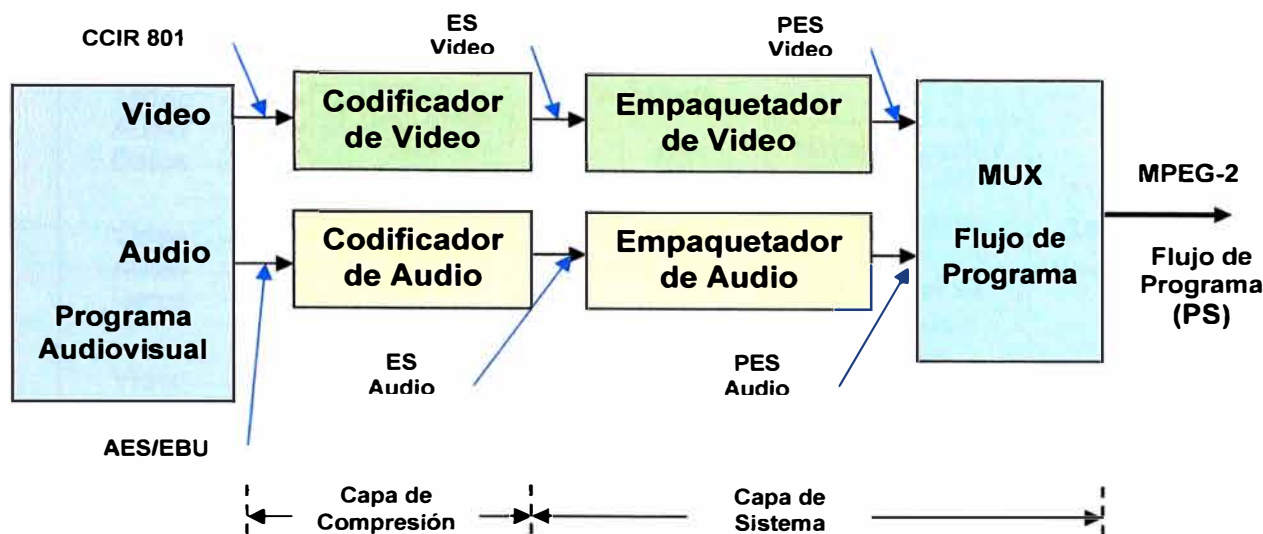


Figura 3.9 Generación de Flujos de señal MPEG-2 [11]

El empaquetamiento es el mecanismo utilizado por MPEG-2 para transportar datos de audio, video y otros datos para los decodificadores MPEG y el método utilizado es multiplexación por división de tiempo de paquetes de datos.

3.5.1 Capa de Compresión del Flujo de Transporte MPEG-2

En la “Capa de Compresión” se realizan las operaciones de codificación y compresión a cada elemento fuente de un programa (audio, video y datos), según el estándar MPEG-2 formando así, un flujo de bits llamado Flujo Elemental ES (Elementary Stream).

Las señales de audio y video digital sin codificar ocupan un ancho de banda muy grande es necesario comprimir y codificar. Por ejemplo, una señal SDTV sin compresión tiene una tasa de transmisión de 270 Mbps y luego de compresión se reduce a 6Mbps

En esta capa la codificación de audio y video se realiza de acuerdo al estándar adoptado, en la actualidad se ha estandarizado el uso del codificador para el video MPEG-4 AVC y para el audio MPEG-4 AAC.

3.5.2 Capa de sistema del Flujo de Transporte MPEG-2

En la capa de sistema se realizan las operaciones para la obtención de los flujos de transporte TS MPEG-2. Previamente, cada señal Flujo Elemental ES que se obtiene de la capa de compresión, se estructura en paquetes generando a un Flujo Elemental de Paquetes PES (Packetized Elementary Stream). De esta manera en esta capa un programa de televisión está compuesto por varios Flujos PES tales como: un flujo de vídeo, uno de datos, y hasta 6 flujos para el audio.

Después de formar los Flujos de Programa, éstos también pueden ser multiplexados a su vez en un Flujo de Transporte TS (Transport Stream), que es la cadena binaria que recibirá el receptor STB, como se ilustra en la Figura 3.10

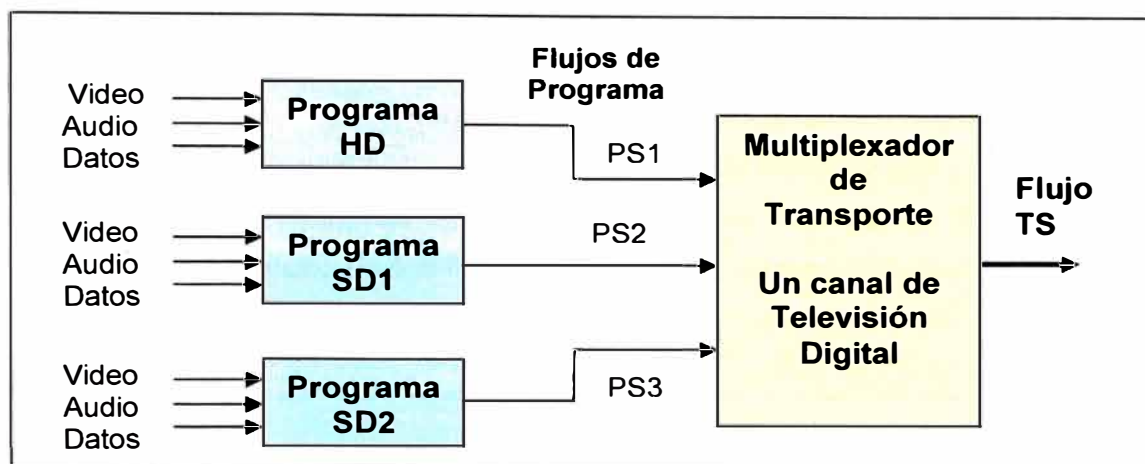


Figura 3.10 Esquema de la formación del Flujo de Transporte

3.5.3 Generación del Flujo de paquetes PES.

Los Flujos ES transportan la información codificada de audio, video y datos y tiene la característica de ser una cadena de bits continuos. Es necesario realizar una fragmentación de esta señal en paquetes que se llaman paquetes PES.

La Figura 3.11, ilustra cómo se forman los paquetes PES y además se puede observar que el paquete PES consiste de una cabecera y una carga útil. La carga útil está conformada por una sucesión de bytes de datos tomados secuencialmente del ES original. [13] El paquete PES tiene una longitud variable cuya carga útil puede contener Flujos de audio, Flujos de video comprimidos o Flujos de datos solamente

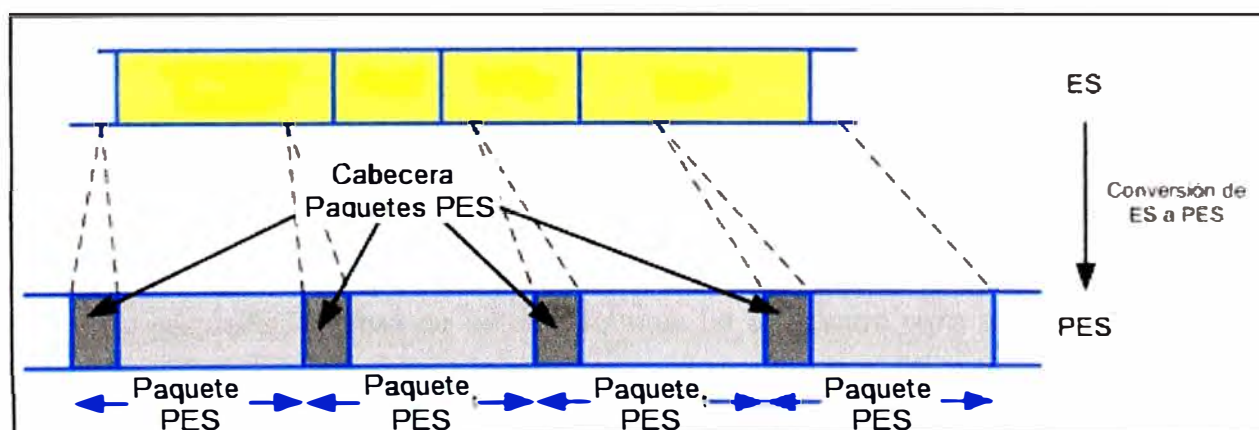


Figura 3.11 Generación de un Flujo PES

3.5.4 Estructura de Flujo de Transporte MPEG2-TS

Varios paquetes de flujos elementales (PES) de audio, video y datos conforman un Flujo de Programa (PS) y un conjunto de Flujos de Programas conforman el Flujo de

Transporte (TS) que es el elemento superior de esta cadena. Este Flujo TS también puede ser re multiplexado junto con otros flujos TS de este modo se forman el Flujo MPEG-2 TS que utilizan los diferentes estándares de televisión digital en la capa de transporte. El flujo de transporte TS puede contener uno o varios programas audiovisuales y cada uno con su base de tiempo independiente

En la Figura 3.12, se observa que el flujo TS se compone de paquetes TS de una longitud fija de 188 bytes, y cada paquete TS está conformado por una cabecera de 4 bytes y una carga útil de 184 bytes estos paquetes transportan fragmentos de los paquetes PES de cada uno de los Flujos Elementales correspondiente a cada una de las fuentes (audio, video y datos).

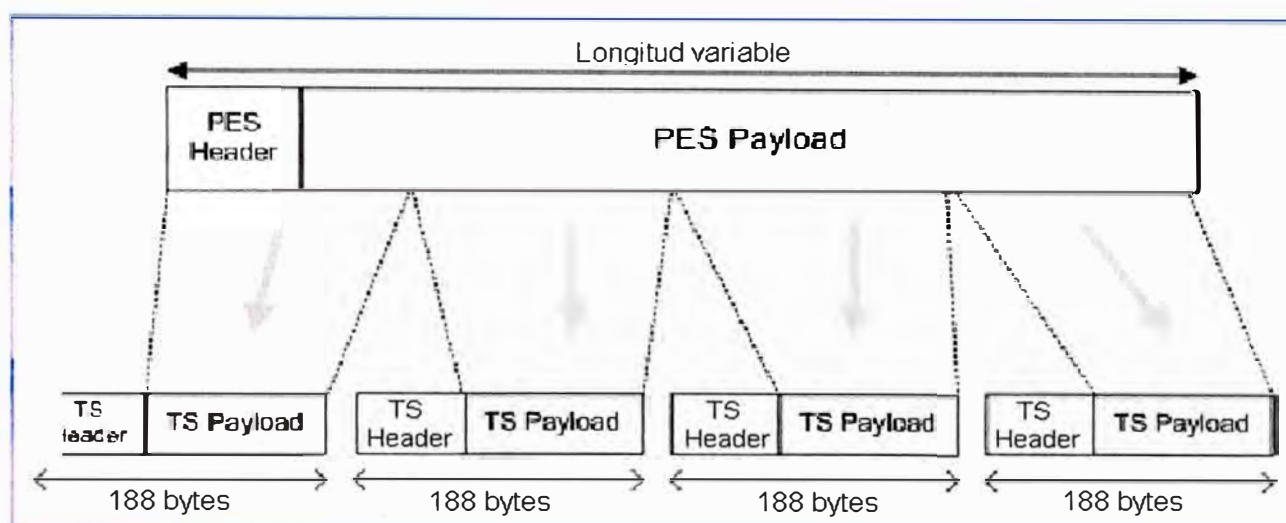


Figura 3.12 Fragmentación de los paquetes PES en paquetes TS

Entre las informaciones contenidas en la cabecera (que tiene longitud fija) están las siguientes:

- **Byte de Sincronía (Sync Byte).** Fija el comienzo del TS y permite la sincronización de la transmisión. Tiene un valor fijo (47h) que no es único dentro del paquete.
- **Identificador de Paquete (Packet Identifier: PID).** Este campo tiene una longitud de trece bits es usado para identificar el canal. Contiene la información requerida para encontrar, identificar y reconstruir los programas.

La pequeña longitud de estos paquetes es adecuada para procesos basados en hardware y permite ofrecer la robustez necesaria para la transmisión de video y audio comprimido, a través de canales ruidosos y propensos a introducir errores, tales como las redes de cable o de satélite

3.6 Circuito decodificador de Audio/Video

Siguiendo el proceso los flujos elementales (audio y video) se trasladan hacia los circuitos decodificadores de video y audio, que se encargan de hacer la descompresión,

para luego extraer la señal en banda base y posteriormente ser enviados a los periféricos de salida.

Para que los decodificadores puedan efectuar la decodificación deben buscar la información en las Tablas que están contenidas en la Información Específica de Programas (PSI) e Información de Servicio (SI). Cada uno de estos Servicios o Programas transportan varios Flujos Elementales, normalmente uno de video, varios de audio y varios de datos.

3.6.1 Información para el receptor.[12]

En los siguientes párrafos, se consideraran los componentes del flujo de transporte que son necesario para el receptor, es decir el decodificador MPEG para extraer exactamente del gran numero de paquetes del flujo de transporte, aquellos multiples contenidos que se necesitan por decodificar el programa deseado.

En la Figura 3.13, se detalla la información que requiere el decodificador para encontrar un programa que esta dentro del flujo de transporte TS.

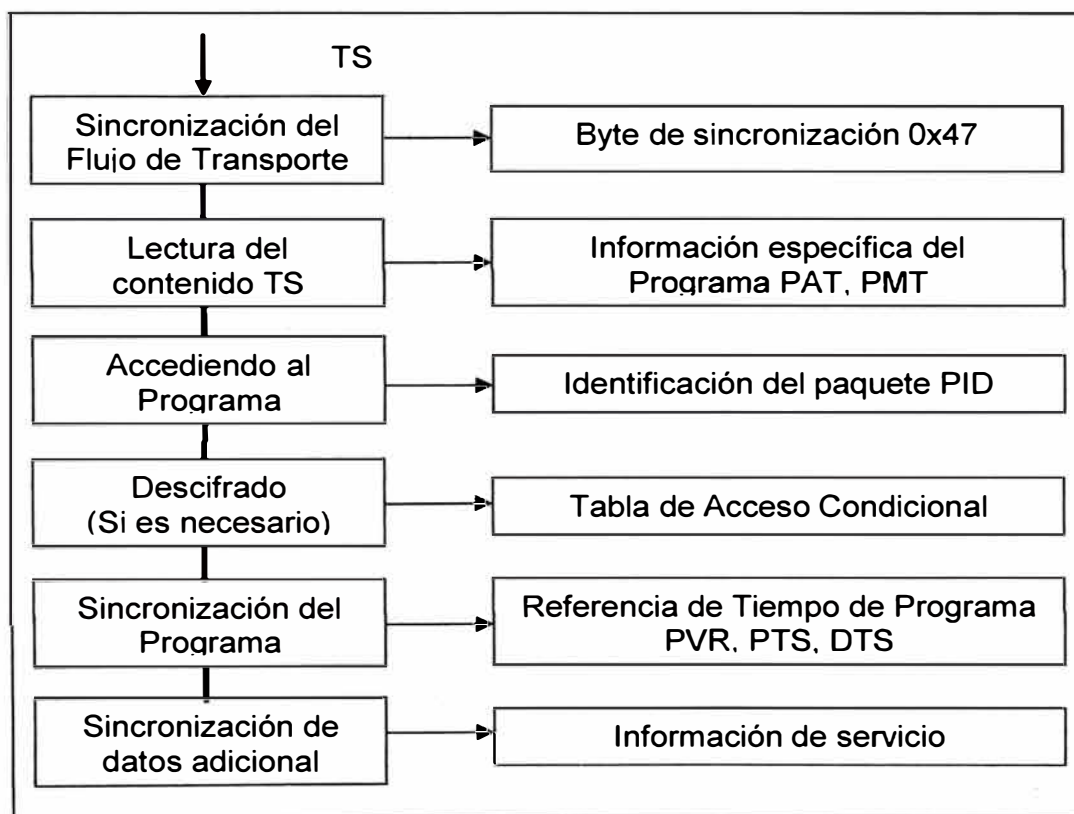


Figura 3.13 Información para el receptor

El flujo de transporte MPEG-2 es una señal completamente asincrónica y su contenido ocurre de una manera completamente aleatoria. No existe reglas determinadas que puedan ser usadas para determinar que información estará contenida en el próximo paquete del flujo de transporte. El decodificador y cada elemento en la cadena de transmisión deben engancharse a la estructura del paquete. El PID (identificador de

paquete) puede ser usado para ubicar lo que esta siendo transmitido en el respectivo elemento. Cada paquete del flujo de transporte debe primero ser analizado en el receptor.

3.6.2 Información específica de programa (Tablas PSI)

Estas Tablas contienen información básica del sistema asociado a los programas, tales como: temporización, acceso condicional, etc. El estándar MPEG reserva ciertos valores de PID para uso interno. Uno de estos usos es el envío periódico de tablas de información específica que facilitan demultiplexar de cada uno de los programas que conforman el TS en el extremo receptor. Las Tablas más importantes MPEG-2 PSI son:[13]

- Programa Asociación Tabla (PAT)
- Program MAP Table (PMT)
- Conditional Access Table (CAT)
- Network Información Tabla (NIT)

A continuación se detalla el contenido de las tablas PAT y PMT.

3.6.3 Tabla de Asociación de Programas (Programa Asociación Tabla, PAT)

Contiene información de los programas o servicios que forman el múltiplex de transporte proporcionando a cada programa: el número con el que se identifica (un valor entre 0 y 65535) y el PID de la tabla PMT asociada a cada uno de los programas.

El primer registro en la tabla PAT siempre apunta al PID 0x0010, que corresponde a los paquetes TS que transportan información de la tabla NIT.

En resumen:

- Contiene información de cada uno de los programas que viajan en el multiplex.
- Los paquetes TS que transportan la tabla PAT se identifican mediante el PID 0x0000.
- Todo TS ha de contener una PAT válida y sin de codificación.
- Es la primera información que se ha de adquirir de los datos de un TS tras sintonizar el canal RF

3.6.4 Tabla del Mapa de Programa (Program Map Table)

Se utiliza en conjunto con la Tabla PAT para localizar los flujos elementales ES de cada programa que viajan en el Flujo de Transporte. Contiene información sobre el programa al que mapea, como el tipo de información y el PID de cada uno de los flujos de video, audio y datos asociados a este. También proporciona el PID asociado al ES que transporta información relativa al reloj referencia de sincronización del programa PCR (Program Clock Reference)

En resumen,

- Proporciona información básica para la recepción de un programa.

- Es la Tabla que relaciona cada programa con los ES que lo componen: Flujo de video, Flujos de audio, y Flujos de datos (teletexto, subtítulos, etc.)
- Los paquetes TS que transportan las tablas PMT no deben estar codificados.
- Son tablas de uso obligatorio. Cada TS ha de contener una por cada programa que transporte.

3.6.5 Sincronizacion del flujo de transporte.

Cuando la entrada del decodificador MPEG-2 se conecta a un Flujo de Transporte MPEG-2, debe engancharse primero al flujo de transporte, es decir, a la estructura del paquete. Por consiguiente, el decodificador busca los bytes de sincronizacion en el flujo de transporte. Estos siempre tienen el valor 0x47 y se encuentran presentes al principio de un paquete de flujo de transporte. Estan siempre presente a intervalos constantes de 188 bytes. Estos dos factores juntos, el valor constante 0x47 y el espaciado constante de 188 bytes, se usan para la sincronizacion . Si aparece un byte que tiene un valor de 0x47, el decodificador examinara las posiciones n veces 188-bytes antes y despues de este byte en el flujo de transporte por la precencia de otro byte de sincronizacion. Si no, entonces esta es simplemente alguna palabra de codigo que ha asumido este valor accidentalmente. No se puede evitar que un dato dentro del flujo de transporte tome un valor igual a 0x47. La sincronizacion ocurrira despues de 5 paquetes de flujo de transporte y el decodificaor perdera el enganche despues de una merma de 3 paquetes como se cita en la norma MPEG.

3.7 Soluciones Integrales en un solo Chip para el hardware del STB.

La tecnología para la fabricación del STB ha evolucionado rápidamente, que en la actualidad los desarrolladores de solución integrales para el STB, han implementado una solución conocido como: ASIC (Circuito integrado para soluciones específicas) o SoC (Sistemas sobre el Chip)

Esta solución integral para el STB está contenido en un solo Chip, contiene los componentes de hardware tales como: CPU, demultiplexor, codificador y los decodificadores para todos los formatos de audio y video, controladores para los periféricos, etc. Esta nueva herramienta de hardware tiene asociado un procedimiento de programación, como se ilustra en la Figura. 3.14.

Finalmente, la arquitectura de hardware del set top box se reduce a una integración de una gran parte de las tareas para procesar la señal en un solo chip. Estas plataformas de solución se manifiestan en los circuitos integrados ASIC o SoC (Circuito integrado para aplicaciones específicas), cuya incorporación al STB inciden enormemente en el costo y por lo tanto es un punto a favor para la rápida transición de la televisión analógica a digital.

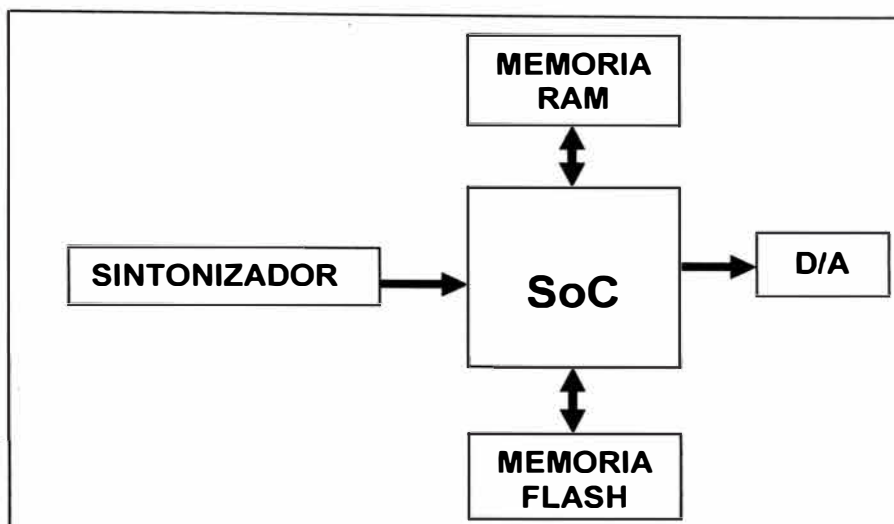


Figura 3.14 Modelo de arquitectura SoC para el STB

3.7.1 Circuito integrado SoC: M3101D DVB-T. [14]

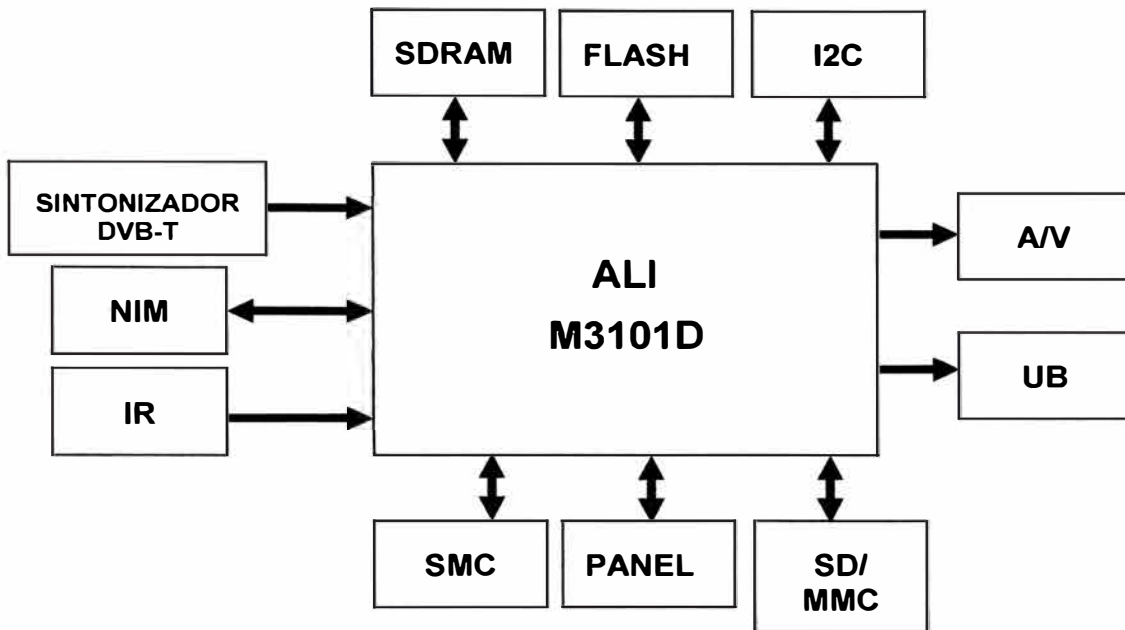
M3101D DVB-T SoC

Descripción

EL circuito integrado M3101D es un decodificador de bajo costo, la solución en un solo chip para aplicaciones en STB. El Chip M3101D incorpora un CPU embebido de 32-bit, un demodulador COFDM, hardware acelerador para decodificar MPEG/JPEG, controlador de memoria SDRAM/FLASH, convertidor DAC para 2 canales de audio, interface digital para audio en SPDIF, un controlador host USB 2.0, controlador para SD/MMC El circuito esta encapsulado en un solo chip LQFP de 128 pines

Características Generales

- Procesador embebido de alta eficiencia
- Demodulador COFDM embebido
- Compatible con el estándar DVB-T
- Soporte para memoria 16-bit SDRAM
- Soporte para interface serial flash
- Conversor DAC embebido para 4 canales de video y DAC para 2 canales de audio.
- Interface para tarjetas de memoria
- Incluye interface para USB2.0
- Bajo consumo de energía en modo STBy.

Diagrama de bloques del CI M3101D**Figura 3.16 Diagrama de bloques del Circuito Integrado M3101D (ASIC)**

CAPITULO IV COMPONENTES DE SOFTWARE DEL SET TOP BOX

El STB es un dispositivo que realiza múltiples tareas en forma simultánea, como por ejemplo recibir y decodificar la señal de televisión, enviar la señal a los periféricos, atender las peticiones de los periféricos, entre ellos el más exigente, el telespectador, todos estas tareas se debe realizar en tiempo real.

Para realizar estas tareas cuenta con un sistema operativo en tiempo real y debe ser capaz de controlar todo el sistema de hardware, controlar algunos periféricos y también debe interactuar con un sistema de software de un nivel superior llamado Middleware para ejecutar aplicaciones exteriores al STB

Para el caso específico de un STB en el estándar ISDB-Tb, tiene un sistema operativo en tiempo real y el software Ginga, desarrollado para ser el modelo del Middleware. En resumen, el set top box acondicionado con el Middleware Ginga, permiten desarrollar componentes y aplicaciones para TV digital interactiva en el estándar ISDB-Tb. [6]

4.1 Arquitectura del software del Set Top Box.

La arquitectura del software de un STB es muy similar a la que tiene una computadora. En general, se distribuye en tres niveles: sistema operativo, Middleware y las aplicaciones. Estas capas de software asociadas al hardware son necesarias para dar al STB la capacidad de ejecutar el procesamiento en tiempo real para la señal de televisión, como también atender las peticiones que hace el telespectador vía el control remoto, y finalmente disponer en la pantalla de televisión un resultado con características multimedia.

En la Figura 4.1 se muestra la arquitectura de software para el STB.

4.1.1 El Sistema operativo

El STB utiliza un sistema operativo (OS) en tiempo real (RTOS - Tiempo Real OS), especialmente porque debe procesar informaciones continuas como son el audio y el video. En un sistema de comunicación los procesamientos de la señal se deben ejecutar sin interrupciones y en tiempo real, y como el STB tiene recursos limitados de hardware en comparación con los ordenadores personales, entonces debe incorporar un sistema operativo que sea robusto, compacto y especialmente fiable.



Figura 4.1. Arquitectura del Software en un Set Top Box convencional. [6]

La capa más baja del software se compone de un conjunto de controladores de dispositivos, necesarios para que un sistema operativo de tiempo real ejecutado en la capa adyacente pueda interactuar directamente con el dispositivo físico. También es común la presencia de controladores de acceso a los teclados, puertos, módems y discos.

La abstracción del hardware se realiza mediante la definición de las capas del sistema operativo y para una rápida inicialización del set top box es preferente almacenar el sistema operativo en la memoria ROM.

Linux está atrayendo la atención de los fabricantes de STB y se está convirtiendo en el principal sistema operativo utilizado en estos dispositivos, sobre todo por ser libre y tener bajos requerimientos de hardware. Linux es estándar, universal y la mayoría de sus características son adecuadas para el STB. Por ejemplo, es muy fácil de portar a otras plataformas (es decir, un cambio de hardware no significa modificar el sistema operativo). Es sofisticado, eficiente, robusto, fiable, modular y altamente configurable. Aunque Linux no es un sistema operativo en tiempo real, varias opciones adicionales están disponibles que pueden llevar las capacidades en tiempo real a los sistemas basados en Linux.

Los telespectadores esperan que en la televisión interactiva el tiempo de respuesta sea corto. Por otra parte, esperan que la televisión y sus recursos estén siempre disponibles.

4.1.2 El Middleware

El middleware se define como un software constituido por un conjunto de recursos y servicios, ubicados entre la capa de software del sistema y la capa de aplicación, que

pueden ser utilizados individualmente o conjuntamente por los procesos de la aplicación.

Provee una interface abstracta que ofrece al desarrollador de aplicaciones una visión uniforme de elementos heterogéneos de bajo nivel, como sistemas operativos y hardware

Por lo general el middleware esta implementado en el sistema operativo del STB, el cual contiene las librerías que implementan todas las funcionalidades para la comunicación a través de la red. En la Figura 4.2 se ilustra la arquitectura de un middleware típico.

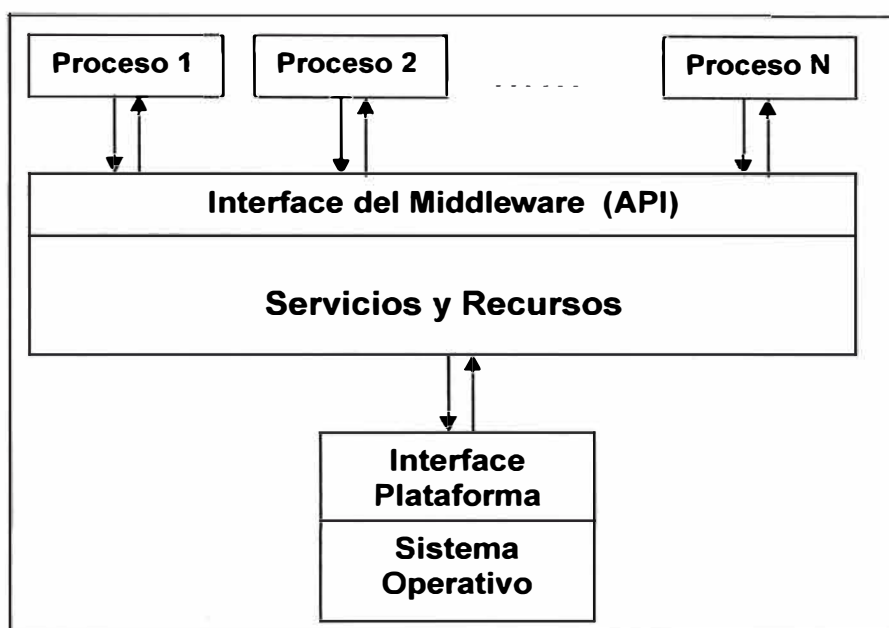


Figura 4.2 Middleware típico

El middleware debe presentar las siguientes características: [15]:

- **Interoperabilidad:** El middleware debe permitir el intercambio de información entre hardware y sistemas operativos distintos.
- **Transparencia:** se deben ocultar las diferencias de las capas subyacentes de forma tal que el middleware sea visto en forma consistente por las aplicaciones que se construyen sobre él.
- **Escalabilidad:** A medida que crece la cantidad de procesos de aplicación, el middleware no debe perder funcionalidad ni performance en forma excesiva.
- **Abstracción:** Debe proveer un mayor nivel de abstracción de las capas inferiores de forma que el desarrollador de aplicaciones, en lugar de manejar entidades como conexiones y puertos trabaje con abstracciones de mayor nivel como pueden ser objetos, eventos y transacciones [15].

4.1.3 Las Interfaces del middleware (API)

Todo middleware provee una interface de programación de aplicaciones (API). Un

API está formado por un conjunto de funciones de alto nivel, estructuras de datos, y protocolos, que permiten a un desarrollador construir aplicaciones software independiente de la plataforma de hardware del STB [43].

Las Apis deben tener las siguientes funcionalidades:

- Permite descubrir e identificar recursos de hardware, estado y capacidad de las redes subyacentes, aplicaciones y servicios remotos o información de los usuarios.
- Permite solicitar a recursos o servicios administrados por el middleware la ejecución remota de cierta funcionalidad. Puede ser una llamada remota a un procedimiento o una invocación de un método.

Las aplicaciones no acceden directamente a los recursos. Ellos usan la API para acceder a los recursos del STB. La API proporciona los servicios asociados a las aplicaciones.

Los estándares de middleware desarrollados en la actualidad son:

MHP (Plataforma Multimedia para el Hogar: MHP).- Fue desarrollado para la TV digital europea (DVB), con el objetivo de estandarizar los elementos de la plataforma del STB, como la arquitectura del hardware/software del STB, protocolos de transmisión, una máquina virtual para ejecutar las aplicaciones. Fue el primer estándar abierto para televisión interactiva.

DASE (DTV Aplicación Software Environment). - El middleware desarrollado por el estándar americano (ATSC). En su primera versión, solo busca interactividad local, ya que el sistema ATSC no proporcionó el canal de retorno.

ARIB (Association of Radio industries and Businesses). - Desarrollado por el estándar Japonés ISDB-T.

GINGA.- Desarrollado por el estándar Brasileño ISDB-Tb

4.1.4 Los Aplicativos

Finalmente tenemos la capa de aplicación, aquí es donde encontramos las aplicaciones, que una vez descargados se ejecutara cuando el telespectador lo solicite. A diferencia de las demás capas, estos programas aplicativos no están operativos en todo momento. Estas aplicaciones podrían ser: EPG (Guía electrónica de programación), PVR (Grabación de video personal), el comercio electrónico, etc.

Las aplicaciones interactivas relacionadas a la T-Learning, T-Voting, T-Commerce, T-Government y entre otros, hacen uso de la clase TCP Lua para solicitar conexiones a través de un canal de retorno con el middleware Ginga.

4.2. La Interactividad

Una de las ventajas e innovaciones que trae la televisión digital terrestre es la Interactividad, quizás sea el cambio más importante con relación al sistema analógico. La interactividad no es un elemento tecnológico imprescindible, por lo tanto, existen STB que

no incorporan el middleware y que no son capaces de ejecutar aplicaciones interactivas. Estos receptores son los llamados “zapper”, en el que la interactividad puede realizarse con o sin canal de retorno.

La interactividad sin canal de retorno o local, significa tener algunas aplicaciones relacionadas al programa como por ejemplo, ver múltiples cámaras, recibir sinopsis de películas, telenovelas y series, informaciones sobre jugadores, actores, etc., y aplicaciones no relacionadas al programa, como guía electrónico de programación (EPG), noticias y boletines, predicción del tiempo, e informaciones del trafico y la bolsa.

La interactividad bidireccional que es mucho más amplia, pero necesita pasar por un canal de retorno par el envió de información en el sentido contrario de la señal de la televisión. También, posibilita el uso de Internet en la televisión, como en las aplicaciones relacionadas a los programas como son, el comercio electrónico, educación a distancia, etc. [18]

El STB para ofrecer los servicios de interactividad debe tener instalado el hardware y/o software necesario. Aquí, es necesario recordar los perfiles de STB desarrollados en el Capítulo II. En cualquier caso, el STB debe tener implementado cualquier versión de middleware local. El STB de perfil Broadcast solo tendrá interactividad local ya que no cuenta con canal de retorno. El perfil necesario del set top box esta especificado en el middleware. [19]

En la Figura 4.3, se muestra la implementación de la interactividad utilizando el Internet como canal de retorno.

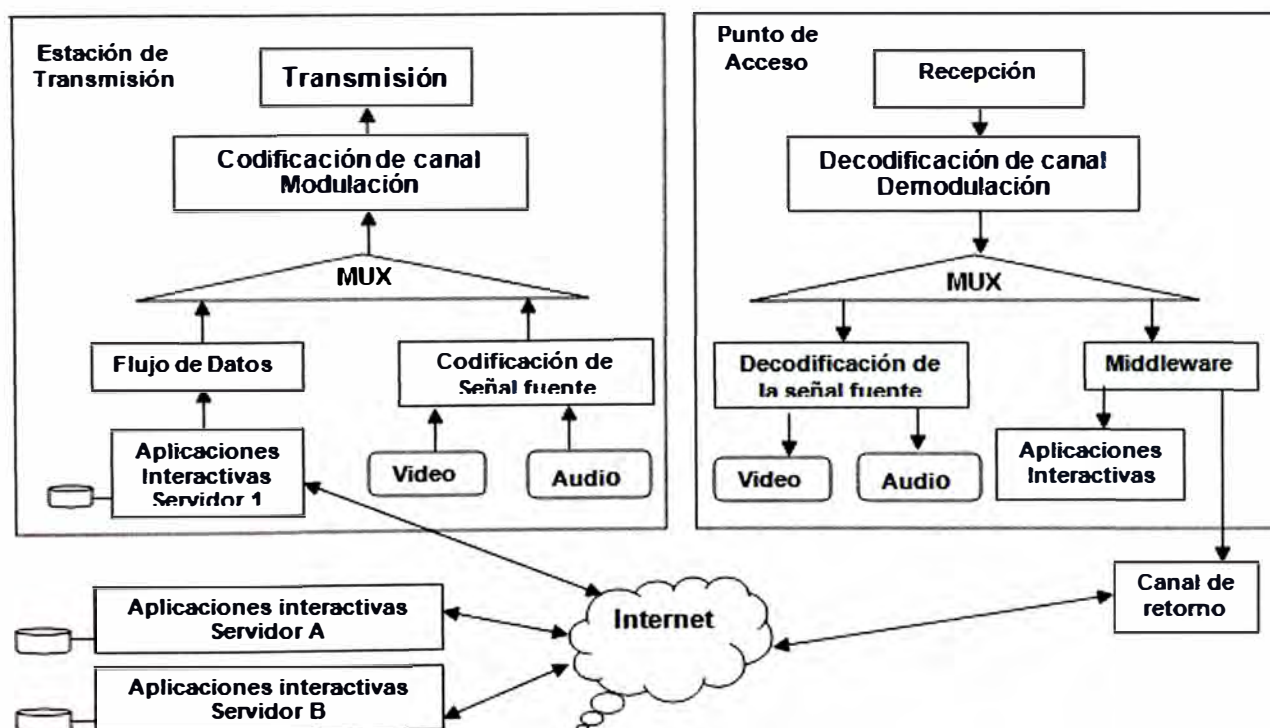


Figura 4.3 Canal de retorno Full-Dúplex con acceso a Internet

4.3. El Canal de Retorno

El canal de retorno es un elemento muy importante en el ámbito de la recepción digital y las aplicaciones interactivas. Con respecto a la adopción de una solución tecnológica para el canal de retorno para la TDT, tenemos las experiencias que se realizan en Brasil, ellos tienen mucho interés de desarrollar la interactividad para lo cual realizan muchas investigaciones. Ellos plantean varias tecnologías para la implementación del canal de retorno como la Public Switched Telephone Network (PSTN), Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL), Wireless Fidelity (Wi-Fi), Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX), Power Line Communications (PLC), entre otras. Cualquier solución que se elija para el canal de retorno se debe considerar dos factores importantes: el geográfico y el económico. [16]

A través de un modem o un puerto Ethernet, el set top box puede establecer comunicación con diversos agentes. Por un lado, el gestor de interactividad, que se encarga de administrar la información generada por el uso de aplicaciones interactivas, suministrar datos para el funcionamiento de estas y/o dar respuesta a las peticiones del telespectador. Por otro lado, el receptor puede contactar directamente con el operador de la oferta o los radiodifusores, los cuales pueden usar el canal de retorno para liberar ancho de banda de emisión mediante el envío de información a los receptores por esta vía alternativa. [17]

CAPITULO V RESULTADOS

En el capítulo II se estudio los diferentes tipos de receptores para la TDT y en el capítulo III se analizo la estructura del hardware del STB. En esta parte del informe identificaremos los componentes del hardware de un STB comercial, teniendo como referencia los aspectos teóricos del Capítulo III. También identificaremos los circuitos integrados y presentaremos sus especificaciones de los componentes principales.

El STB es un equipo que tiene mucha demanda, en este aspecto surgieron muchas empresas que desarrollan soluciones tecnológicas integral para el STB, ofreciendo al mercado de semiconductores, los circuitos ASIC o SoC. Entonces, será común encontrar un STB fabricado con unos cuantos circuitos integrados, como por ejemplo: un circuito integrado de tecnología ASIC, memorias, circuito sintonizador/demodulador y componentes pasivos como resistencias, condensadores, etc., para una configuración básica de interfaces y funciones, como lo tiene el STB tipo Broadcast que se estudio en el Capítulo II.

5.1 Características técnicas del STB en estudio.

Las características técnicas del STB que se estudiara, se especifican en el Capítulo II, las cuales tienen las siguientes informaciones generales:

TABLA 5.1 Características del STB HDB7800

Marca	Gospell
Modelo	HBD7828Z
Características de recepción	Estándar ISDB-Tb, Modulación COFDMA,
Chip Set ASIC	ASIC MSD 7828 de MSTAR
Procesador	32 bits de 216 MHz
Costo	35 dólares (FOB)

5.2 Descripción de los componentes que conforma el STB bajo estudio

En la Figura 5.4, se observa lo siguientes componentes:

- La fuente de alimentación, se encuentra al lado izquierdo, es una fuente estándar de tipo conmutada (switching), se conecta directamente a la energía comercial. El voltaje AC de ingreso puede estar en el rango de 115-230 Voltios.
- El sintonizador está ubicado en el extremo derecho y está adecuadamente protegido

con un encapsulado metálico.

- El Procesador central, está en el centro de la placa y tiene un disipador de aluminio fuertemente adherido.
- Se observa que hay dos chips de memorias RAM del tipo DDR2 y tienen encapsulado tipo SMD (Montaje superficial).
- Los conectores USB, HDMI, RCA (audio/video analógico) y un óptico para salida de audio digital, están montados en el panel posterior.
- En la parte de adelante, se encuentra el circuito para el panel frontal y contiene un display de tipo 7 segmentos que sirve principalmente para visualizar el número de canal, también contiene al circuito receptor infrarrojo que trabaja en conjunto con el control remoto.
- Los conectores HDMI, USB, S/PDIF, RCA son elementos pasivos que reciben la señal que proviene del procesador, todos los controladores de estas interfaces están integradas en el procesador.
- El conector molex (conector al panel frontal) de 7 pines trae información del control remoto y de las teclas en el panel frontal. y se la comunica al CPU La descripción de los pines del molex al conector panel frontal son: STB_FP, +5V, GND, IR, DATA_FP, CLK_FP, LED.

5.3 Diagrama de bloques del hardware del STB bajo estudio

Con la información obtenida en el acápite 5.2, se puede elaborar un diagrama de bloques del hardware del STB bajo estudio. La cual se ilustra en la Figura 5.x

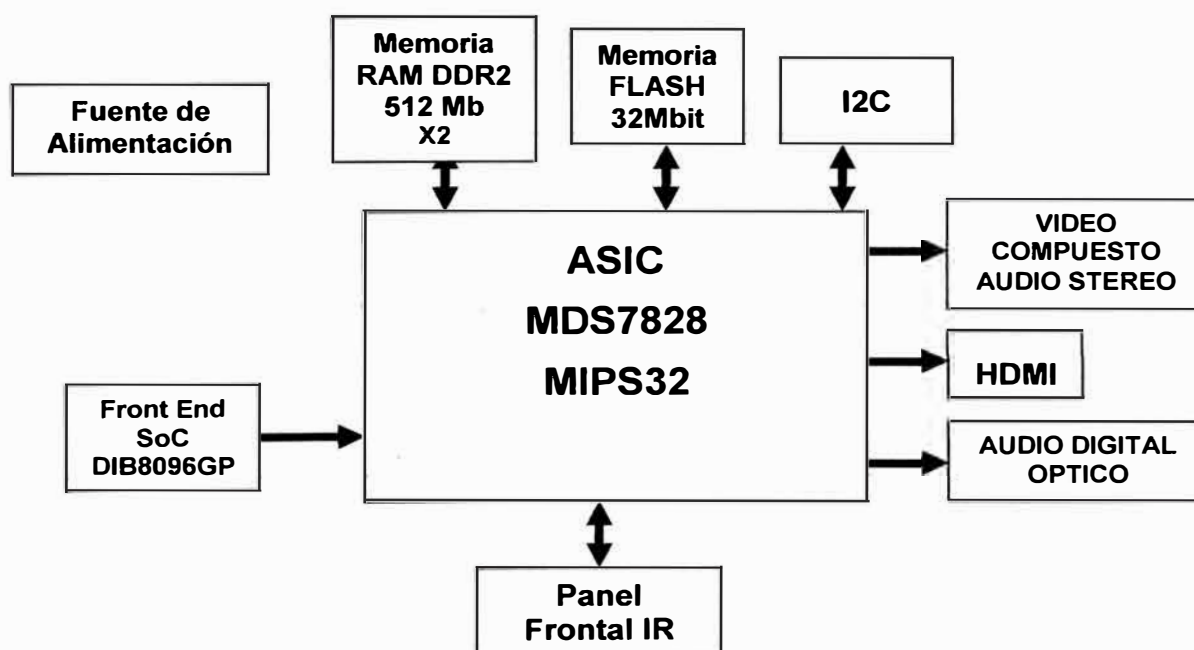


Figura 5.1 Diagramas de bloques del STB

5.4 Inspección general del STB en estudio.

El equipo STB bajo estudio está compuesto por dos placas de circuito impreso que sirven de soporte y conexión de los diferentes componentes semiconductores de hardware que conforma el STB. En la Figura 5.1 y 5.2, se muestran las placas que corresponden al Panel Frontal en las vistas de soldadura y de componentes, respectivamente.

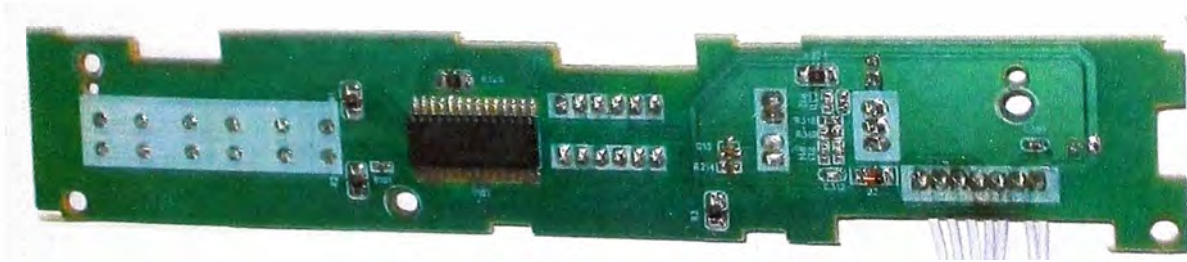


Figura 5.1 Placa PCB panel frontal (soldadura)



Figura 5.2 Placa PCB del panel frontal (componentes)

En la Figura 5.3, muestra la placa madre del STB.

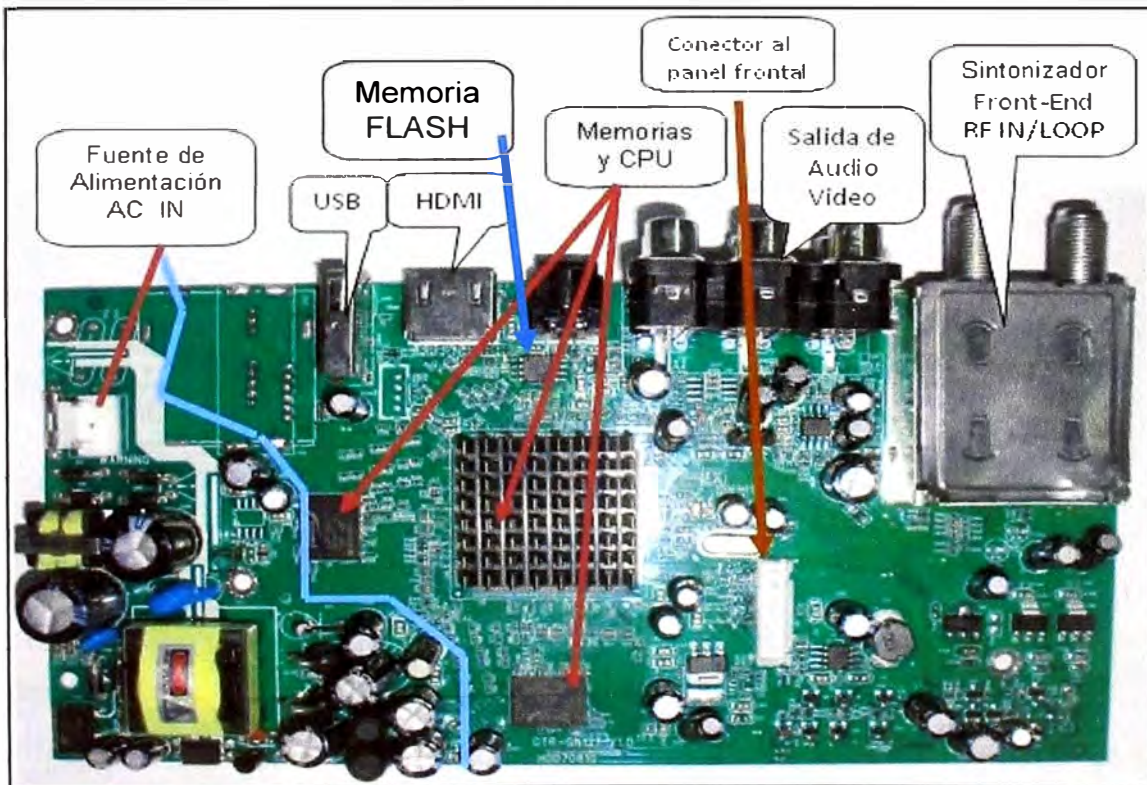


Figura 5.3 Placa madre plataforma física del Set Top Box

La Figura 5.4 se ilustra el STB con las placas instaladas en el chasis y las interconexiones internas.

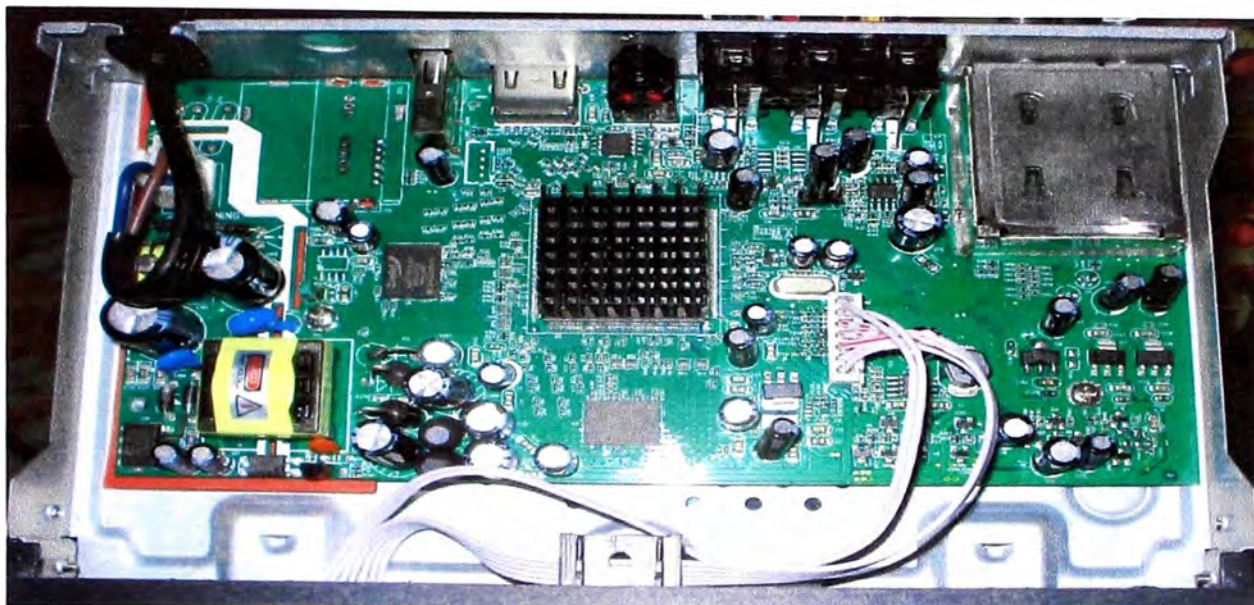


Figura 5.4 Vista panorámica del hardware del STB

Considerando lo estudiado en el Capítulo III, procedemos a identificar los módulos o bloques que realizan funciones específicas, los cuales son:

5.5 La Fuente de Alimentación del STB

Esta parte del hardware que se ilustra en la Figura 5.5, que tiene la función de proporcionar la energía de alimentación que demandan el resto de circuitos integrados, en especial el procesador central que consume gran cantidad de energía.

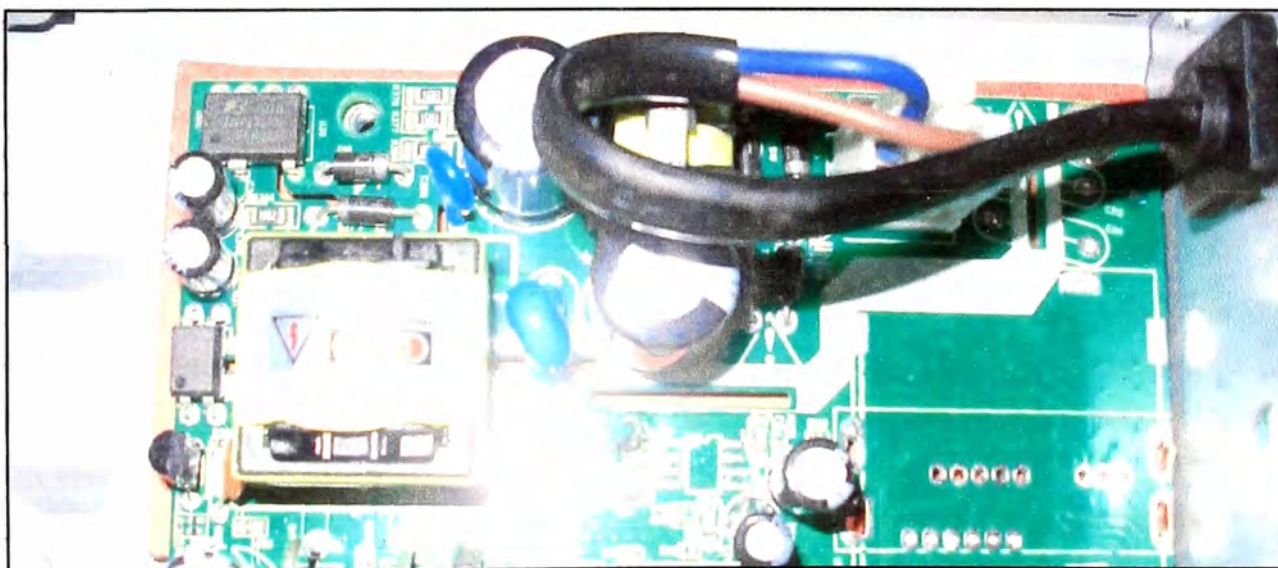


Figura. 5.5 Fuente de alimentación conmutada

Este circuito está elaborado de un diseño estándar de fuente de alimentación de tipo conmutado, cuya finalidad es convertir la energía alterna de 220 voltios a una energía

continua y estable de diferentes valores como 12 voltios, 3.3 Voltios, etc.

En la Tabla 5.2 se presenta la relación de componentes identificados en la fuente de alimentación del STB.

TABLA 5.2 Lista de componentes de la fuente de alimentación

Ítem	Referencia	Descripción	Nro. de Parte
1	C302,C303	Condensador electrolítico	10uF, 450V
2	C297,C298	Condensador electrolítico	1000uF, 10V
3	C286,C287	Condensador electrolítico	470uF, 16V
4	C295,C296	Condensador electrolítico	220uF, 25V
5	C291,C292	Condensador electrolítico	10uF, 35V
6	D15,D16	Diodo rectificador	1N5222
7	D8-D14	Diodo rectificador	1N400
8	C304	Condensador cerámico	2200pF
9	U30	CI Switch fuente conmutada	TNY176PN
10	U31	CI Opto acoplador DIP 6	EL817
11	TR1	Transformador de Núcleo Magnético	YC-EF20W
12	CK1	Inductor-Choque	8-SE 6060
13	U33	CI Regulador de Voltaje TO 92	TL431

5.6 El módulo Sintonizador/Demodulador

Este modulo se estudio en el Capítulo III, vimos que estaba compuesto por varios amplificadores LNA con AGC controlado en forma digital, filtros SAW, circuitos mixer, osciladores locales, con la finalidad de sintonizar el canal y aplicar un proceso digital para eliminar la interferencia del ruido de impulso, los efectos multipath, las interferencias de los canales adyacentes, permitiendo así recuperar las señales con una buena calidad de recepción.

En la Figura 5.6 observamos que este módulo está compuesto por un solo chip y algunos componentes externos. Esta etapa del STB está en contacto con la radiofrecuencia, normalmente los circuitos que trabajan en estos ambientes se diseñan con inductancias, condensadores chip, condensadores variables, etc. pero el gran desarrollo de la tecnología aplicada al STB es hacer que estos circuitos tiendan a la integración en pequeños sistemas digitales los cuales son soluciones integradas que los fabricantes ofrecen como una plataforma de desarrollo.

Este módulo por trabajar a frecuencias muy altas viene acondicionado con una celda metálica (celda de Faraday) para anular las interferencias, que para efecto del estudio se ha tenido que retirarlo. Los componentes más importantes que se encuentran en este modulo son: Sintonizador/demodulador ISDB-T

Los componentes como condensadores, resistencias, diodos y transistores, etc. son de montaje superficial (SMD) y de pequeño tamaño. En la Figura 5.6 se ilustra al modulo Front-End o sintonizador/demodulador.

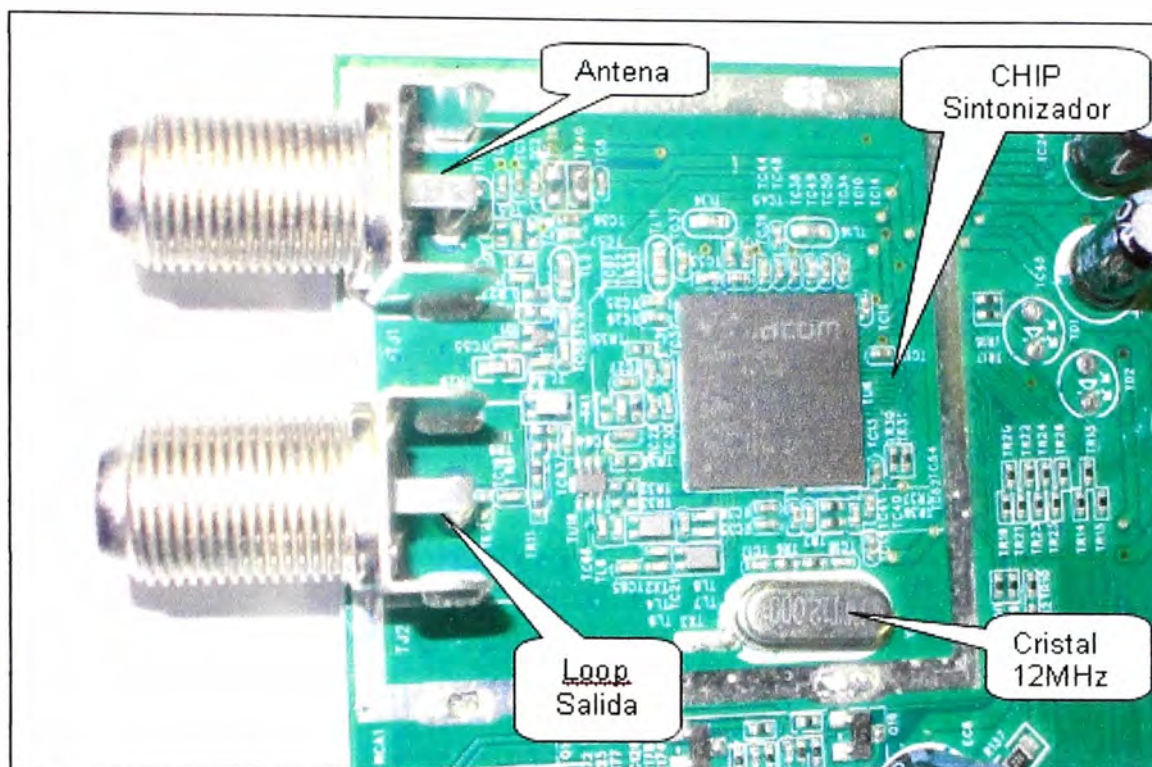


Figura 5.6 Modulo sintonizador/demodulador

Las características técnicas que se obtiene del fabricante para este modulo se presenta en la Tabla 5.3

TABLA 5.3. Especificaciones técnicas del Chipset DIB8096AGP

Sintonizador/Demodulador	Chipset DIB8096AGP
Frecuencia de entrada	48 a 862 MHz
Nivel de entrada (sensibilidad)	-20 a -80 dBm
Ancho de Banda	6 MHz
Impedancia	75 Ohms
Intervalo de Guarda	¼, 1/8, 1/16, y 1/32
Modo de desmodulación	QPSK, 16QAM, 64 QAM

En la Tabla 5.4 se muestra los componentes más importantes, el resto de los componentes están conformados por resistencias, diodos, transistores, condensadores todos de tecnología SMD (montaje superficial).

TABLA 5.4 Componentes principales del modulo sintonizador del STB

Ítem	Referencia	Descripción	Nro. de Parte
1	IC301	Chipset Sintonizador/Demodulador ISDB-Tb.	DIB8096P
2	Y2	Cristal 12000 MHz	TWJ12000

5.7 El modulo panel frontal del STB

En la Figura 5.7, se ilustra el circuito impreso del modulo panel frontal, en el cual se identifica los siguientes componentes, contenidos en la Tabla 5.5.

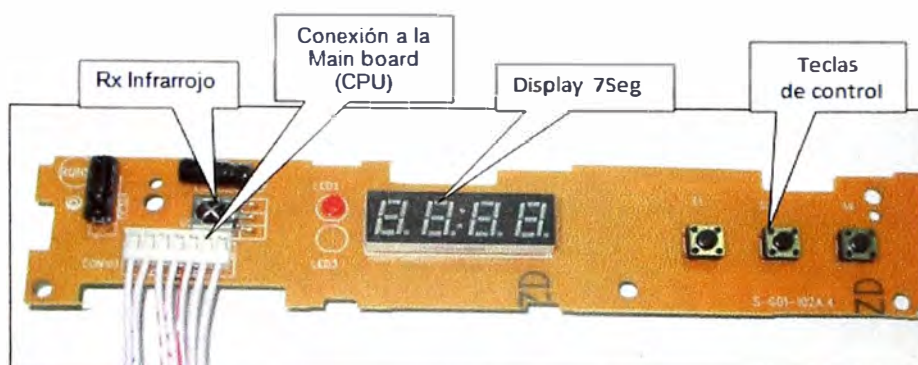


Figura 5.7. Panel frontal (lado componentes)

TABLA 5.5 Componentes principales del modulo Panel Frontal

Ítem	Referencia	Descripción	Nro. de Parte
1	C301,C9	Condensador Electrolítico	100uF,16V
2	LED2	Mini LED color Rojo	LED
3	U2	Receptor Infra rojo	IR
4	CON101	Conector Molex 7 pines	Molex
5	DS1	Display 4 Dígitos 7 >Segmentos	LM2843G
6	S1,S2,S3	Mini Switch	SW
7	U101	CI Conversor Display 7 Segmentos	CT1682

Este modulo es una interfaz entre el CPU y el telespectador que por medio del control remoto envía un comando (cada tecla del control remoto es una función por realizar) al microprocesador. Cuando apretamos un botón en el control remoto, un LED infrarrojo emite rápidos destellos a una frecuencia de 40KHz. Esta señal es la portadora sobre la que van modulados los pulsos que identifica a cada tecla o función. El circuito receptor de infrarrojos recibe la información y se la transmite al CPU. La Figura 5.8 representa el diagrama del circuito receptor de infrarrojo.

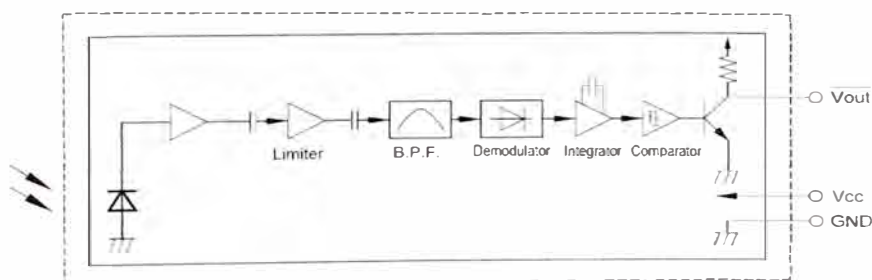


Figura. 5.8 Circuito típico de receptor infrarrojo

En la Figura 5.9, se ilustra el lado de componentes de la tarjeta del panel frontal y encontramos al único circuito integrado que cumple la función convertir la información en formato digital de tipo serial que recibe del CPU a formato 7 segmentos para mostrarlo en el Display de 7 segmentos alfanumérico.

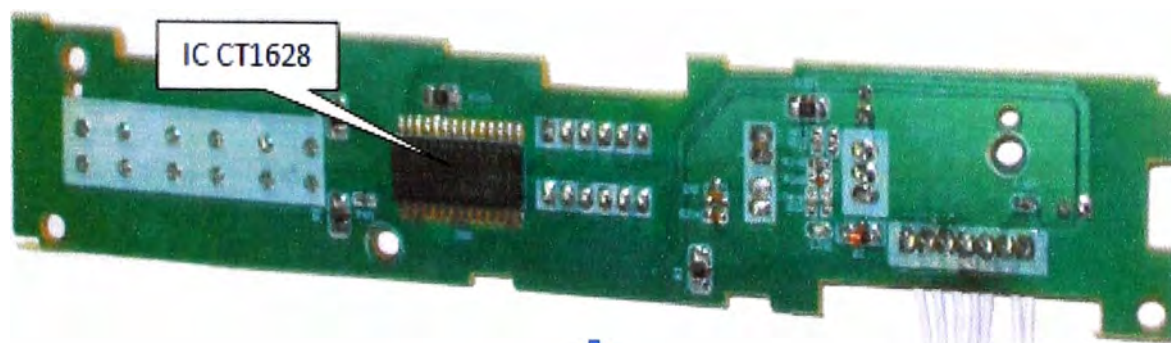


Figura. 5.9 Panel frontal (lado soldadura)

5.8 El procesador central del STB

En general, el STB es un sistema embebido que realiza funciones específicas como realizar la recepción y recodificación de la señal digital, para ello cuenta con un microprocesador que se encarga de las función de supervisión y control, con una o más memorias volátiles y no volátiles diseñado para almacenar información a corto plazo y largo plazo. Los microprocesadores son controlados por el firmware que incluye secuencias de control y sub-secuencias para todas las funciones proporcionadas por el set-top box.

En particular, la aplicación descrita anteriormente, la configuración de usuario y diversos parámetros de funcionamiento se almacenan en una memoria no volátil utilizando las estructuras convencionales del sistema de archivos. En general, las memorias de tipo flash se utilizan comúnmente como la memoria no volátil.

Estas memorias no son volátiles en el sentido de que las células de memoria individuales mantienen su estado de la memoria cuando se desconecta la alimentación, no es necesario que se actualice en forma periódica por los circuitos de refresco, y todas las células de memoria se puede borrar simultáneamente aplicando una tensión momentánea.

Luego de esta introducción se procede a identificar los componentes específicos que están involucrados en este modulo En el circuito de la Figura 5.10 se encuentran los componentes contenidos en la Tabla 5.6.

TABLA 5.6 Componentes principales asociados al Chipset MSD7828

Ítem	Referencia	Descripción	Nro. de Parte
1	Y2	Cristal 12000 MHz	JWT12000
2	U8,U6	CI Memoria DDR2 RAM 512Mb TSOP	A3R12E4JFF
3	U1	CI Chipset Demultiplexor/decodificador MSTAR	MSD7828
4	U11	CI Memoria Flash CMOS 32Mbit	FL032P IF

El STB bajo estudio pertenece a la categoría broadcast, también conocido como zapper HD, que utiliza un circuito ASIC altamente integrado llamado MS7828. Ampliando información obtenemos lo siguiente Tabla 5.7

TABLA 5.7 Características del procesador del STB HDB7828

Procesador	MIPS32 Core 4KEc / 216 MHz (8k/8k) Cache, 324DMIPS, Tecnología 110nm
Memoria RAM	02 DDR2 de 512Mb c/u
Memoria FLASH	32 Mbit CMOS a 104MHz BUS serial
Encapsulado	LQFP de 256 pines

El procesador es fabricado por la empresa MIPS Technology y sus especificaciones técnicas obtenidas del fabricante se presentan en la Tabla 5.8.

TABLA 5.8 Especificaciones Técnicas del MIPS32 core 4KEc

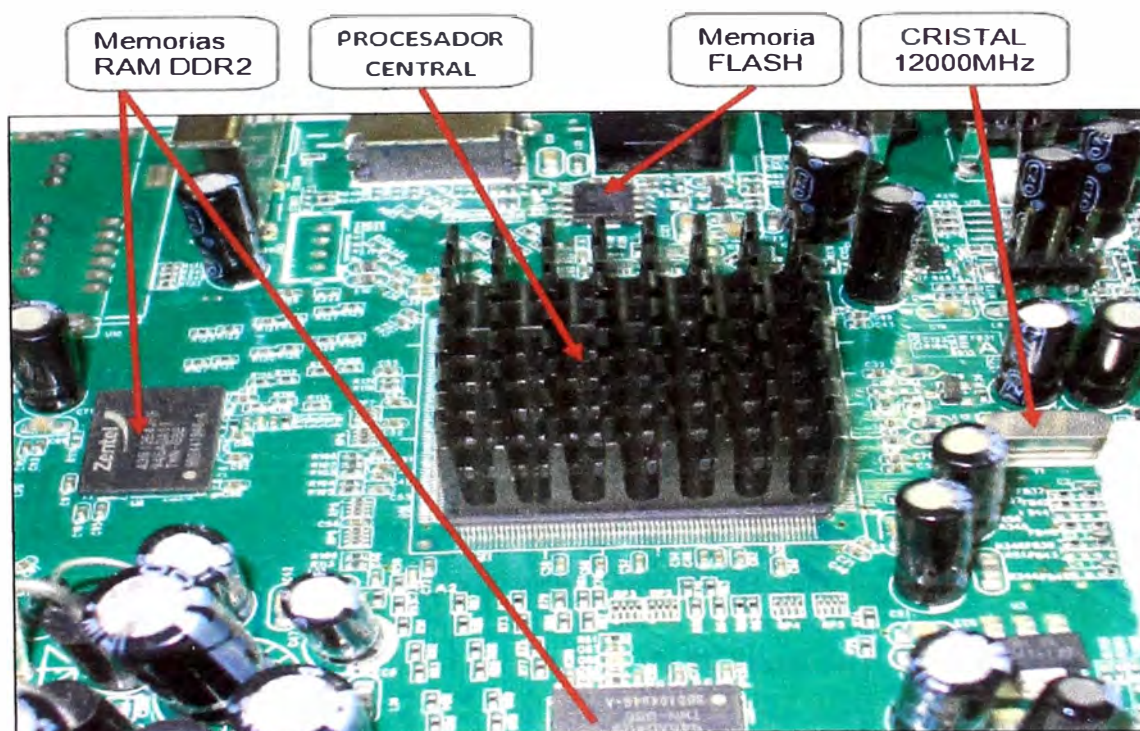
Proceso (nm)	130	90
Frecuencia (MHz)	100-250	250-420
Performance (DMIPS)	400	680
Consumo de energía (mW/MHz) Típico (core+8k/8k Caches)	0.32 – 0.68	0.15 – 0.26
Dimensiones (mm ²)(Core k/8k Caches)	1.2 – 1.9	0.65 – 1.2

También obtenemos la siguiente información para el ASIC MDS7828, con respecto a la fuente de alimentación DC, los que son de tres diferentes valores como se ilustra en la Tabla 5.9.

TABLA 5.9 Pines de alimentación del ASIC MDSS7828

Nombre del Pin	Tipo de Pin	Función	Numero de Pin
AVDD_33	3.3V	Analógico	151
AVDD_AU		Audio	209
AVDD_DAC		DAC	203
AVDD_FU		Programación	230
AVDD_HDMI		HDMI	244
AVDD_MEMPLL		PLL	65
AVDD_MPLL		MPLL	157
AVDD_PM		PM	171
AVDD_USB		USB	252
VDDP		Digital I/O	4,47,109,126,130,143,189,231
AVDD_DDR2	1.9V	DDR2	21,35,46,51,57,83,97,108
VDDC	1.32V	Digital core	2,29,91,127,132,145,191,233

En La Figura 5.10, se muestra la imagen del CPU que tiene adherido un disipador de aluminio. Se observa que luego de varias horas de funcionamiento del STB este dispositivo irradia demasiado calor. En otros diseños de STB el CPU lleva ventilación forzada, y se coloca un ventilador exclusivo al dispositivo. También, identificamos los circuitos integrados que conforman las memorias asociados al CPU.

**Figura. 5.10 Componentes principales asociados al Chipset MSD7828**

En la Figura 5.11 se ilustra la memoria RAM con sus conexiones hacia el CPU.

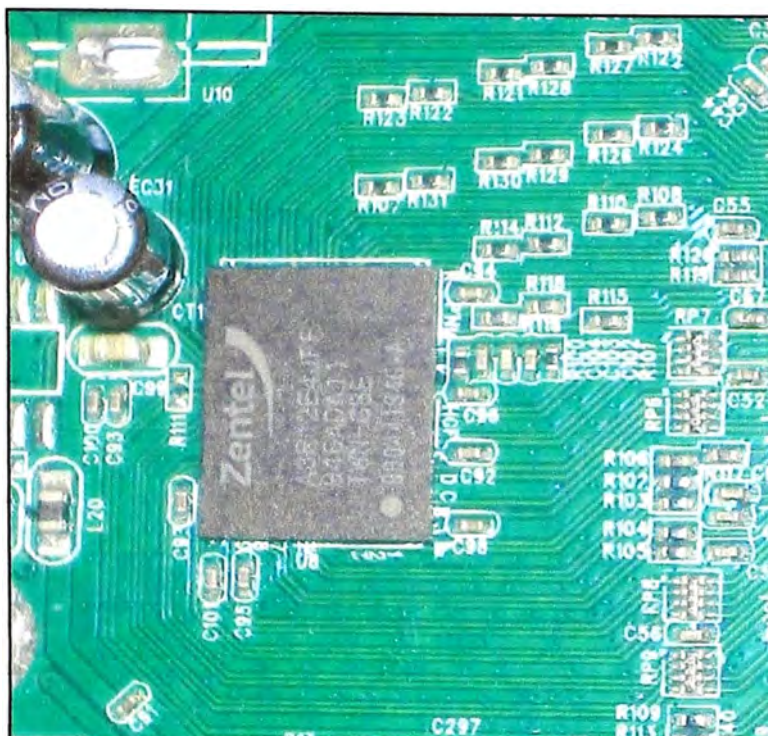


Figura 5.11 Vista de cerca de la Memoria DDR2

En la Figura 5.12, se ilustra la memoria FLASH, en esta memoria de tipo No volátil se guarda el sistema operativo de todo el sistema.

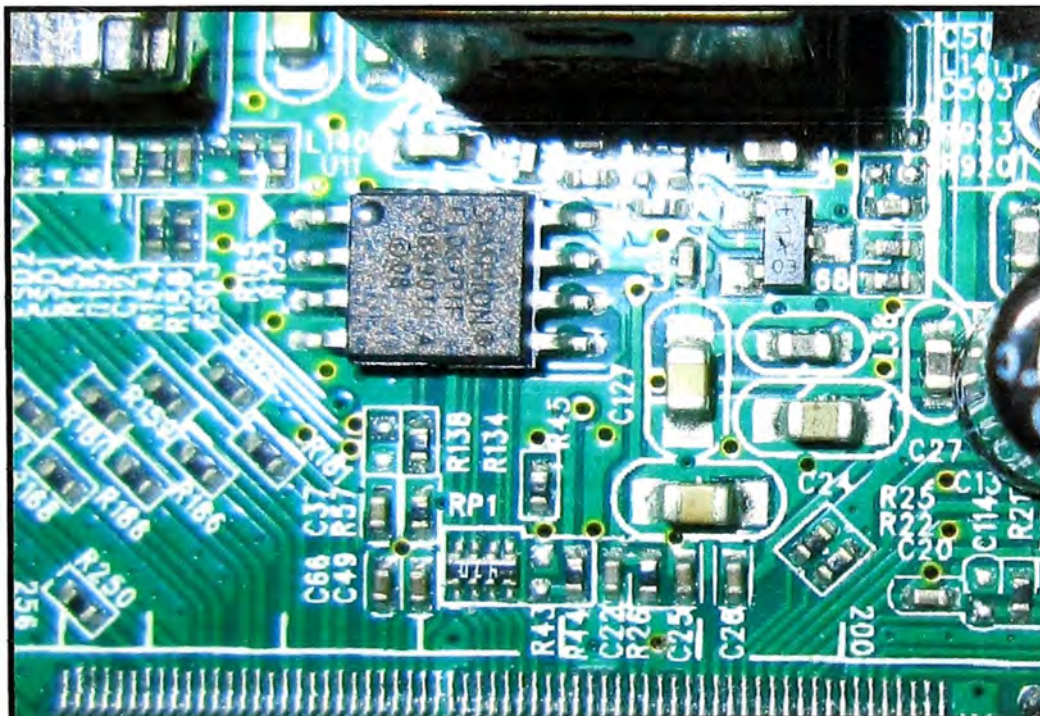


Figura 5.12 Vista de cerca de la Memoria Flash

En la Figura 5.13 se ilustra al procesador CPU MSD7828, que conforma el elemento central de un STB esta refrigerado por medio de un disipador de aluminio.

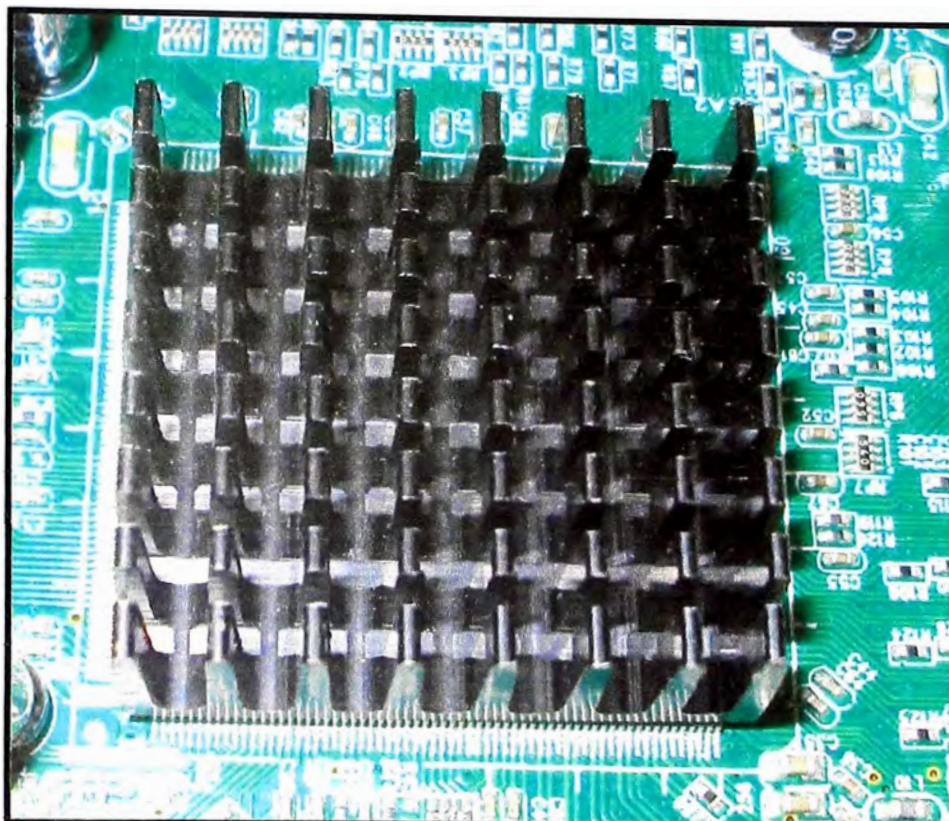


Figura 5.13 Procesador central del STB

5.9 Especificaciones técnicas de los circuitos integrados del STB en estudio

En este acápite se presentara las especificaciones de los circuitos integrados.

5.9.1 Circuito Integrado Chipset MSD7828L

MSD7828L

Chipset

Características Generales

Las Características Generales del Circuito Integrado Chipset MSD7828L se especifican en el ANEXO A

Descripción General

El MSD7828L es un ASIC (Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas) altamente integrado para aplicaciones en STB. Se configura con un demultiplexor de TS con capacidad de desplazar en tiempo y permitir la grabación de otro TS. También como un decodificador A/V MPEG-2 MP @ HL y H.264. Puede codificador de vídeo digital con soporte CVBS / S-Video / YPbPr SD y salidas de alta definición en HDMI de.1080i.

Para aplicaciones multimedia, el MSD7828L incluye un controlador USB 2.0 host y un controlador de puerto USB 2.0 Host / OTG, un 100/10 Mbps Ethernet MAC con RMIi o una interfaz SDIO (configurable), un decodificador de A/V MPEG-4, y un hardware decodificador JPEG, lo que posibilita al MSD7828L decodificar archivos multimedia a través de fuentes externas.

Mediante la integración de periféricos como RTC, UART, IR, SPI, I2C, SAR, y PWM, el MSD7828L cumple con los requisitos de la mayoría de STB avanzado

Distribución de Pines de conexión

La distribución de pines CI MSD7828 es muy extensa. En la Tabla 5.6, se hace un resumen de la distribución de pines agrupados según la función que cumplen cada uno.

TABLA 5.6 Distribución de pines del MSD7828

Nombre del grupo	Cantidad de pines
Interface para audio analógico	4
Interface para video analógico	7
Interface para audio digital	8
Interface para entrada TS	11
Interface para memoria Flash Serial	5
Interface GPIO	15
Interface para memoria DRAM	91
Interface para transmisor HDMI	11
Interface para Ethernet MII	9
Interface para UART	2
Interface para USB	7
Interface varios	9
Pines de alimentación	35
Pines no conectados	12
Pines de Tierra	30

TABLA 5.7. Especificaciones Eléctricas del MDS7828

Parámetro	Min.	Typ.	Max.	Unidad
SALIDA DE VIDEO ANALOGICO				
CVBS/S-video/YPbPr				V
Salida Bajo		0		V
Salida Alto		1.3		
AUDIO		1.0		Vp-p
Salida DAC				
Entrada SAR ADC	0		VDDP	V
HDMI Tx				
Corriente de Salida	8	10	12	mA
Corriente de Fuga	0		200	uA
Tiempo Diferencial de subida de señal	75		0.4*Tbit	pS
Tiempo diferencial de caída de señal	75		0.4-Tbit	pS
Tiempo diferencial de servicio de reloj	40	50	60	%
Variación de datos diferencial			0.3	Tbit
ENTRADA DIGITAL				
Voltaje Alto (VH)	2.5		0.8	V
Voltaje Bajo (VL)			-1.0	V
Corriente Alto (IH)				uA

Diagrama de pines (MSD7828L)

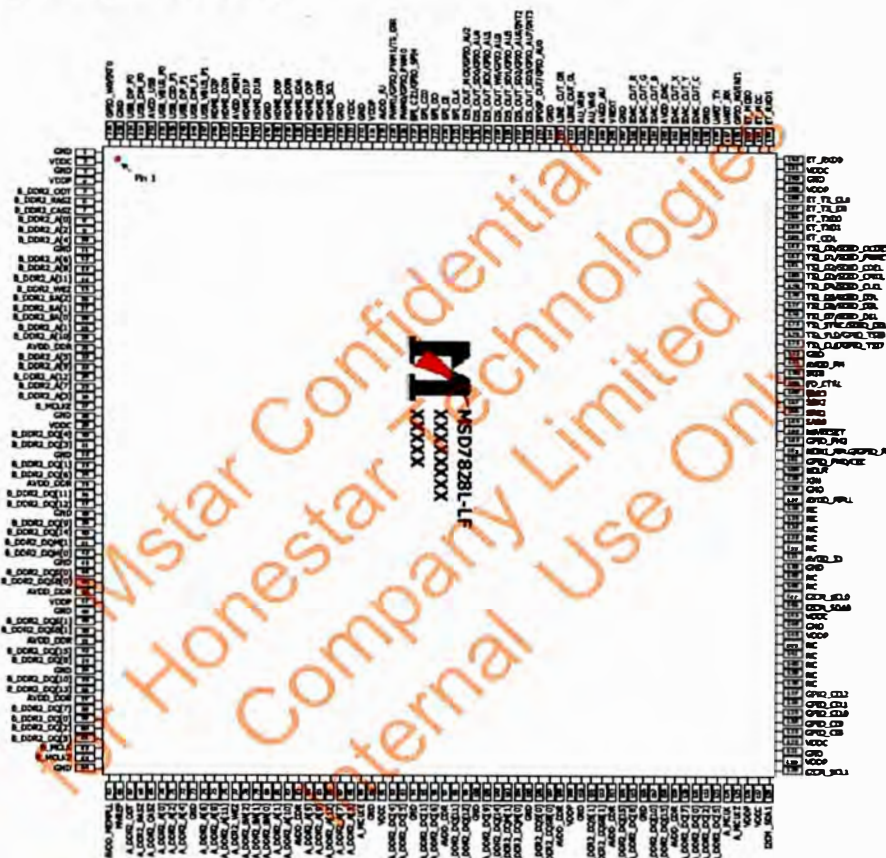


Figura. 5.14 Distribución de Pines del CI MSD7828

5.9.2 Circuito Integrado Sintonizador/ Demodulador DIB8090GPA

DIB8090GPA

Sintonizador/Demodulador

Descripción:

El DIB8096P, es un desarrollo SoC (todo un sistema en el chip) por la empresa Dibcom. Integra un circuito demodulador con un circuito sintonizador para el estándar ISDB-T segmento completo (incluye One Seg).

Cumple las disposiciones ARIB y SBTVD dando como resultado un alto rendimiento.

Desarrollado para televisión fija y portátil, se adaptan perfectamente a los receptores (STB), televisores o PCTV a muy bajo costo. Logran un alto rendimiento en TV digital para receptores fijos o portátiles

Características principales:

- Rango de frecuencia de : 47 a 860 MHz
- Alta sensibilidad
- Alta linealidad
- Procesamiento avanzado de señal COFDM
- Salida MPEG-TS paralelo o en serie
- Diversidad de capacidad

- Bajo consumo de energía
- Alta capacidad de seguimiento
- Encapsulado : QFN 64 pines
- Dimensiones : 9x9 mm

Información de la tecnología del fabricante (ASIC)

La compañía DiBcom se especializa en televisión digital, es una compañía sin planta propia que se dedica a diseñar conjuntos de chips de alto rendimiento, permitiendo la recepción de televisión móvil y fija en todo el mundo. Las soluciones de la compañía se emplean en dispositivos automotores, periféricos para computadoras, electrónica para el consumidor, teléfonos móviles y demás dispositivos portátiles

5.9.3 Conversor Serial a 7 segmentos para 4 Display-CT1628.

CT1628

Conversor Serial a 7 segmentos para 4 Display

Descripción

El CT1628 es un circuito integrado, amplificador para Display de bajo consumo de tecnología CMOS, emplea transmisión serial para la transferencia de la información.

Especificaciones técnicas:

- Tecnología CMOS
- Bajo consumo de potencia
- Múltiples modos de Display (10 segmentos, configuraciones de 7 a 13 segmentos, 4 celdas)
- Exploración (10 x 2 matrices)
- Circuito de regulación de 8-pasos
- Interfaz serial para el reloj, los datos de entrada y salida pines del estroboscopio.
- Encapsulado tipo SOP en 28 pines

Aplicaciones:

- Dispositivos periférico Micro-ordenador
- VCR, y otros.

5.9.4 Memoria DRAM DDR2- A3R12E3JFF

Memoria DRAM DDR2

A3R12E3JFF



A3R12E3JFF
A3R12E4JFF

512Mb DDRII DRAM Sincrono

Especificaciones Generales

- Capacidad: 512 Mb
- Organización
16M palabras x 8 bits x 4 bancos
- Encapsulado
60-Ball FBGA (uBGA)
Sin contaminación en plomo (RoHS)

- Fuente de alimentación: VDD, VDDQ= 1.8V +/- 0.1V
- Velocidad de datos: 800Mbps/667Mbps(máx.)
- Tamaño de página 1KB
Dirección de fila: A0 a A12
Dirección de columna: A0 a A9
- Cuatro bancos internos de funcionamiento paralelo
- Interfaz : SSTL_18
- Longitud de ráfaga (BL) : 4,8
- Ráfaga tipo (BT) :
Secuencial (4,8)
Entrelazado (4,8)
- Latencia CAS (CL) : 3,4,5
- Precarga: opción de auto precarga por cada ráfaga de acceso
- Fuerza drive : normal/débil
- Refresco : Refresco automático, auto-refresco
- Ciclos de refresco : 8192 ciclos/64ms
Periodo promedio de refresco
7.8 μ s a 0 ° C \leq TC \leq 85 ° C
3.9 μ s a +85 ° C $<$ TC \leq 95 ° C
- Temperatura de funcionamiento
TC = 0 ° C a +95 ° C
- Conforme a la norma JEDEC

Especificaciones eléctricas

- Todos los voltajes se hacen con referencia a VSS(GND)
- Ejecutar alimentación y secuencia de inicialización antes que el dispositivo alcance adecuada operación.

TABLA 5.7 Valores máximos absolutos

Parámetro	símbolo	Rango	unidad	Notas
Voltaje de alimentación	VDD	-1.0 a +2.3	V	1
Voltaje de alimentación para salida	VDDQ	-0.5 a +2.3	V	1
Voltaje de entrada	VIN	-0.5 a +2.3	V	1
Voltaje de salida	VOUT	-0.5 a +2.3	V	1
Temperatura de almacenamiento	TSTG	-55 a +100	° C	1
Potencia de disipación	PD	1.0	W	1,2
Corriente de cortocircuito en la salida	IOUT	50	mA	1

Notas:

1. Valores superiores a los indicados en la tabla puede causar daños permanentes al dispositivo.
2. La temperatura de almacenamiento se mide sobre la parte central del case de la memoria DRAM. La exposición a la valores máxima absoluta por periodos prolongados puede afectar a la fiabilidad del dispositivo.

Condiciones de Operación Temperatura

Parámetro	Símbolo	Rango	Unidad	Nota
Temperatura de operación del encapsulado	Tc	0 a +95	° C	1,2

Notas:

1. La temperatura de funcionamiento es la que se mide en la parte central superior del case de la DRAM.

2. Soporta de 0 a +85 con ventilación y con las condiciones DC.

3. Soporta de 0 a +85 y se puede extender a +95 con doble comando de refresco automático a un periodo de 32ms.

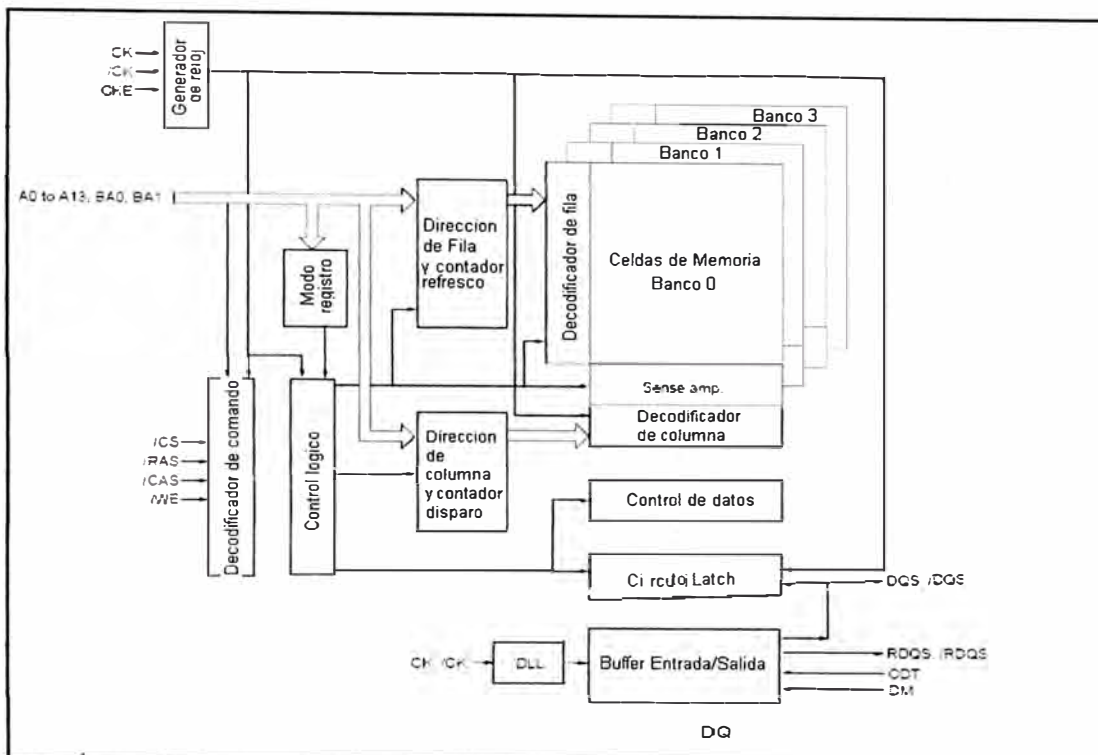


Figura 5.15 Diagrama de bloques de la Memoria RAM- A3R12E3JFF

5.9.5 Memoria Flash 32 Mbits-S25FL032P

FL032P IF

S25FL032P

Memoria Flash 32Mbits CMOS
con 104 MHz SPI(Interface Serial) Multi Bus I/O
Hoja Técnica



Características Generales

Ventajas de la Arquitectura

- **Operación con una sola fuente de alimentación**
 - Una amplia gama de tensión: 2.7 a 3.6 Voltios para escritura y lectura
- **Arquitectura de la Memoria**
 - Sectores uniformes de 64 KB
 - Parámetros superiores e inferiores con el bloque (Dos sectores de 64 KB(superior e inferior), desglosadas en 16 sub-sectores de 4 KB cada uno)
 - Páginas de 256 bytes
 - Compatible con S25FL032A(versión anterior)
- **Programa**
 - Se programa la pagina (hasta 256 bytes) en 1.5ms (tipico)
 - Las operaciones del programa se basan en pagina por pagina
 - Modo acelerado de programación a través del pin 9 V-/pin CAC

- **Borrado**
 - Función de borrado a granel
 - Comando (D8h) para borrar sectores(SE) de 4KB
 - Comando (20h) para borrar sub-sector (P4E) de 4KB
 - Comando (40h) para borrar sub-sectores de 8 KB
- **Ciclos de resistencia**
 - 100,000 ciclos de resistencia por sector típico
- **Retención de datos**
 - 20 años típico
- **Identificación del dispositivo (ID)**
 - JEDEC estándar de firma electrónica de 2 byte.
 - RES comando de firma electrónica de un byte para mantener la compatibilidad
- **Una vez programable (OTP) la zona de permanencia, segura, se pueden programas y bloqueo de fabrica o por el programador.**
- **Tecnología de manufactura**
 - Fabricado en 0.09 micras
 - **Encapsulado (opciones)**
 - Los pines cumplen el Estándar
 - Encapsulado tipo SO de 8 pines (208 mils)
 - Encapsulado tipo SO de 16 pines (300 mils)

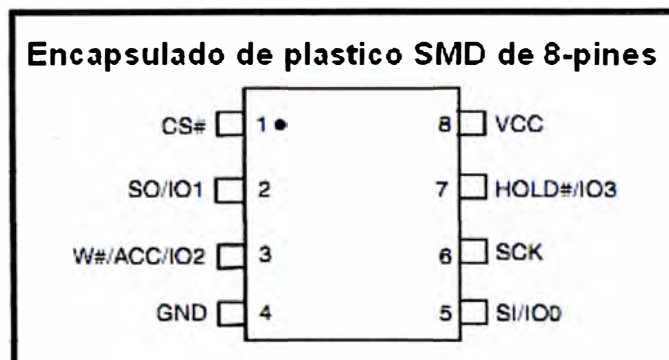
Características de Performance

- **Velocidad**
 - Lectura de datos (serial): 40 MHz
 - Escritura de datos(serial): 104 MHz
 - Doble I/O Lectura y Escritura ; 80 MHz o 20 MBps velocidad efectiva
 - Cuatro I/O Lectura – Escritura : 80 MHz o 49 Mbps velocidad efectiva
- **Ahorro de energía**
 - Modo Stanby 80 u A (típico)
 - Modo 3 de reducción de energía 3mA
 - Escritura de datos(serial): 104 MHz

Características de protección de la memoria

- **Protección de la Memoria**
 - El pin W#/ACC trabaja en conjunto el registro de estado de Bits para proteger aéreas específicas de la memoria
 - Registro del estado del bloque de protección de bits (BP2,BP2,BP0)

Descripción de pines



• **Figura 5.16 Descripción de Pines del FL032P IF**

Diagrama de Bloques del FL032P

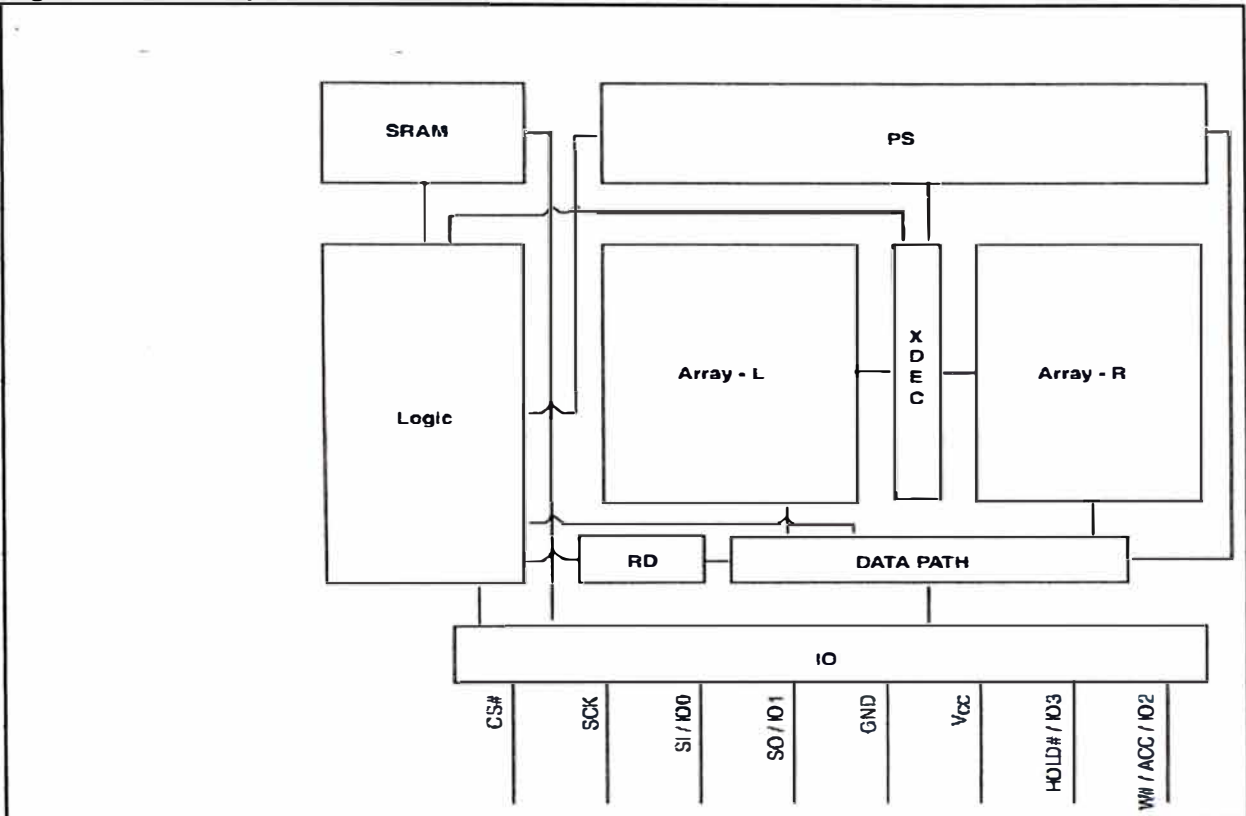


Figura 5.17 Diagrama de bloques de la memoria Flash FL032P IF

CAPITULO VI CONCLUSIONES

- 1 El Set Top Box será un elemento muy importante durante la transición de la Televisión analógica a la digital. Es el equipo encargado de recibir la señal de la Televisión Digital y adaptarlas para ser enviadas a los televisores analógicos o digitales que no cuenten con sintonizador digital para que estos sigan funcionando en un ambiente digital de la televisión.
2. El circuito integrado MSD7828 y en general un chipset tiene un conjunto de circuitos que están diseñados para trabajar juntos en la realización de una o varias funciones tales como: demultiplexación de la señal MPEG-2 TS, decodificación de audio y video en MPEG-2/H.264, escaladores de video, controlador de los periféricos multimedia USB, unidad de administración de las memorias (MMU), etc.
3. El hardware del Set Top Box con Middleware es más elaborado en comparación a un STB de tipo zapper. El primero debe tener un procesador más potente en procesamiento y velocidad así como memorias de mayor capacidad.
4. Un Set Top Box zapper tiene un hardware básico, pero su uso está muy extendido actualmente en el mundo cuya única misión es la de recibir y decodificar la señal.
5. Durante nuestra investigación descubrimos que en el hardware del STB pueden existir grandes diferencias entre fabricantes a la hora de utilizar los componentes electrónicos. Por ejemplo, existen Sintonizadores con demodulador COFDM integrado y otros que trabajan con chips demoduladores FFT independientes. También existen chipset con demodulador OFDM incorporado.
6. La composición del hardware del STB se puede resumir de la siguiente manera: un sintonizador, un demodulador COFDM, el chipset con procesador central, las memorias SDRAM para uso temporal, la memoria Flash no volátil donde se guarda la RTOS, y la fuente de alimentación.
7. El panorama que presenta la aparición de los circuitos SoC o ASIC facilita enormemente la implementación del hardware del STB. Influyendo notablemente en el tiempo de producción, diversidad y costos.
- 8 Los STBs zapper son utilizados en mayor cantidad que los que tienen middleware, esto se debe a su costo principalmente. Este hecho perjudica fatalmente el desarrollo de

la interactividad en la TDT. Se debe evaluar detenidamente la incorporación de este STB al mercado peruano.

9. A la hora de elegir un STB para TDT debe tener mucho cuidado en seleccionar aquel que tenga mayor sensibilidad para no tener problemas con la sintonía de los canales.

10. Se debe propiciar el estudio del hardware del STB orientado hacia el área de mantenimiento, ya que es un sistema que trabaja en conjunto con un software cabe la posibilidad remota de que colapse el sistema. Una de las formas de reparación será atacar por el sistema operativo.

ANEXO A
CARACTERISTICAS DEL CHIPSET MDS7828L

CARACTERISTICAS DEL MSD7828

Demultiplexor del Flujo de Transporte

- Soporta una entrada TS paralelo, con un máximo de velocidad de datos de 108 Mbps
- Soporta una sola demultiplexación TS y grabación limitada de otra TS
- Admite 32 +16 PID secciones de filtros
- Soporta filtros adicionales para audio/video/PCR
- Soporta la función Time-Shifting
- Analizador de audio para la descripción de audio

Decodificador MPEG-2

- Soporta decodificar video en MPEG-2 MP@HL
- Soporta decodificar video en MPEG-1
- Conversor de cuadros automático (FRC)
- Lee flujos de transporte de la entrada TS o a partir de archivos
- Características de ocultamiento de error para reducir los efectos de error cuando se recibe flujo de bits malos

Decodificador MPEG-4

- Soporta ASP@L5 en resolución HD
- Soporta DivX en perfil HD (opcional)

Decodificador H.264

- Compatible con ITU-T H.264, ISO/IEC14496-10
- Soporta todas las resoluciones en DVB, ATSC, HDTV, DVD, VCD (ejemplo 1080i, 720p, D1)
- Soporta tamaño de cuadro de 80x96 píxel a 1920x1080 píxel
- Decodifica hasta 1080p@30 fps
- Lee flujos de transporte de la entrada TS y de archivos
- Soporta tipos de flujos CABAC y CAVLC
- Procesamiento de flujos ES y PES, extracción y provisión de las marcas de tiempos
- Detección y ocultación de errores

Decodificador de Audio

- Estándar MPEG-1, MPEG-2 (Capa I/II)
- Soporta Dolby Digital (AC-3) (opcional)
- Soporta Dolby Digital Plus (E-AC-3) (opcional)
- Soporta HE-AAC nivel 2 & nivel 4
- Soporta conversión multicanal 5.1 a 2 canales
- Soporta mute, Fader y control volumen
- Soporta una salida digital S/PDIF para formatos PCM y otros
- Soporta una salida analógica L/R
- Soporta salida de audio en HDMI para formatos PCM y otros.
- Soporta una salida máster multi canal I2S
- Soporta decodificación AAC y HE-AAC

Motor de visualización

- Soporta salidas de 480i/576i/480p/576p/720p/1080p
- Soporta barrido progresivo en formato RGB o YPbPr
- Soporta conversión de formato NTSC/PAL
- Soporta bloque de reducción de ruido.
- Calidad mejorada en parpadeo de OSD
- Soporta escalamiento descendente para la aplicación EPG

- Compatible con la resolución de aspecto 4:3 y formato 16:9
- Proporciona un puerto de salida digital 4:2:2 de 8-bit

Hardware JPEG

- Soporta el modo secuencial de escaneo simple
- Soporta escala de grises tanto en color como en imagen
- Soporta región programable de interés (ROI)
- Soporta formato: 422/411/420/444/440
- Soporta ampliación y reducción en proporción: 1 / 2, 1.4, 8.1, aplicado a la altura y anchura al mismo tiempo

Codificador de vídeo digital

- Soporta todos los estándares NTSC y PAL
- Salidas simultánea CVBS y YC s-video/YPbPr
- Seis convertidor DAC de 10 bits, para seis canales de salida
- Programable tono, contraste y el brillo
- Delay programable de YC
- Soporta salidas TTX / CC / WSS

Interfaz de salida HDMI

- Transmisor incorporado o externo HDCP
- Interfaz HDMI 1.2
- Motor HDCP cifrado
- Soporta formatos SDTV 480/576i, 480/576p @60Hz
- Compatible con formatos HDTV 720p, 1080i en @ 60Hz
- Soporta formato de audio comprimido IEC60958 PCM o IEC61937
- Soporta formato RGB o YCbCr 4:2:2 / 4:4:4
- Soporta sistema IRQ para HDCP
- Soporta función CEC (Consumer Electronics Control)

Motor gráfico

- Dibuja punto, líneas, rectángulos y elaborar el texto
- Operación de trama (ROP)

Varios

- CPU Embebido RISC de 32 bits
- Controladora de memoria DDR2 con capacidad de soporte interfaces de memoria DDR2 de 16 bits
- Un host USB 2.0 y un controlador de Host USB2.0 / OTG con la flexibilidad para la conexión de dispositivos de almacenamiento externo
- Contiene Ethernet MAC 100 Mbps (RMII) o interfaz DIO (pines compartidos)
- Soporta reloj en tiempo real (RTC)
- Soporte UART, I2C, IR, SPI, SAR, PWM y GPIO
- Soporta administración de energía

BIBLIOGRAFIA

- [1] [11] Diego Prieto Herráez, Amir Al-Majdalawi Álvarez "Televisión Digital Terrestre "Ingeniería de las Ondas II Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, 2006
- [2] MÁRCIA TEREZINHA TONIETO "SISTEMA BRASILEIRO DE TV DIGITAL SBTVD UMA ANÁLISE POLÍTICA E TECNOLÓGICA NA INCLUSÃO SOCIAL Universidade Estadual do Ceará (UECE) Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), Fortaleza, Dezembro de 2006
- [3] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Resolución Suprema N° 019-2009-MTC. http://www.mtc.gob.pe/portal/tdt/Documentos/RS019_2009_MTC.pdf, último acceso julio 2010
- [4] <http://es.wikitel.info/wiki/Imagen:MundoTDT.JPG>
- [5] Carlos Eduardo Silveira Dias I, Luiz Eduardo Cunha Leitell, Guido Lemos de Souza Filho "A implementação de Set-Top-Boxes para TVI" Laboratorio de Aplicações em Vídeo Digital - Departamento de Informática
- [6] Juan Mauricio Villanueva, Christian Velásquez Díaz "Informe Preliminar: Estado del Arte de Receptores Set-Top-Box – Aplicaciones" ÁREA DE APLICACIONES TELEMÁTICAS - INICTEL-UNI, 2010
- [7] B.Sundareshan "Digital Set Top Box (STB)" Open Architecture/Interoperability Issues
- [8] Elías Said Hung, "Transformaciones comunicativas en le era digital. Hacia el apagón analógico" Universidad del Norte. Barranquilla – Colombia 2009
- [9] www.renesas.com Renesas Technology America, Inc. 450 Holger Way, San Jose, CA 95134-1368, U.S.A
- [10] Fujitsu Technology
Empresa Japonesa Fabricante de chips para set top box
www.Fujitsu.com
- [12] Tecnologías para la Radiodifusión Digital de Video y Audio
Dipl. Ing. (FH) Walter Fischer
Rofde&Schuardsz GmbH&Co KG
Múnich-Alemania
Traducido al español por: Ing. Luis A. Bordo Lima- Perú

- [13] Pedro Ángel Cuenca Castillo, "Codificación y transmisión robusta de señales de video MPEG-2 de caudal variable sobre redes de transmisión asíncronas" Ediciones de La Universidad de Castilla- La Mancha 1999
- [14] www.alitech.com Implementa soluciones para STB
- [15] Mike Bray "*Software Technology Roadmap, Middleware*" Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, 1997
- [16] Ronald Paucar Cuaresma, Christian Velásquez Díaz, Juan Mauricio Villanueva "Análisis del Canal de Retorno para la Televisión Digital Interactiva utilizando la Clase TCP-Lua" Instituto Nacional de Investigación y Capacitación en Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería INICTEL-UNI
- [17] Roberto Suarez Candel, "Las Políticas Públicas de la Televisión Digital Terrestre en las Unión Europea" Universitat Pompeu-Fabra 2009
- [18] Cosette Castro "El Modelo Híbrido Japonés - Brasileño de TV Digital – Interactividad, interoperabilidad y robustez para inclusión social" Revista
- [19] Kristef Demeyerie, Tom Devyckere, "Analysis and Development of an MHP Application for Live Event Broadcasting and Videoconferencing"-Department of Information and Technology, IBB Ghent University. 2006