

Reproductor MP3 con ARM 7, memoria SD y display TFT de 2.2" con 262.144 colores

Autores:

Sebastián Rodríguez dos Santos
sebastianrds@gmail.com

Facundo Manuel Viola
facundoviola@gmail.com

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Haedo

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

Eje temático: Dispositivos del Hogar

Resumen

Este proyecto es el resultado de una serie de otros proyectos que se integraron en uno sólo dando origen al presente reproductor de MP3. El proyecto consta de un reproductor de archivos de audio en diversos formatos como MP3, WMA y WAV, junto con una pantalla color TFT de 2.2" y 262.144 colores, con capacidad de lectura de datos desde una memoria SD/MMC con sistema de archivos FAT.

El encargado de llevar el control del sistema es el ADuC7026, un microcontrolador ARM basado en la familia ARM7TDMI. Él es el encargado de realizar los accesos a la memoria SD, manejar el display TFT y trabajar en conjunto del co-procesador de audio.

El co-procesador de audio es un DSP de la empresa VLSI, en nuestro caso utilizamos el VS1033C. Como elementos auxiliares del sistema, también se incorporaron una memoria flash de 4 Mbytes (para almacenaje de imágenes del display TFT y configuración) y dos

convertidores reguladores tipo buck para el sistema de alimentación del equipo. La salida de audio está preparada para conectar directamente sobre ella cualquier tipo de auriculares.

En cuanto a la operación, el equipo tiene una interfaz gráfica amigable al usuario, que le permite elegir la opción o tarea a realizar, ya sea reproducir audio almacenado en la memoria SD o ver imágenes guardadas en la misma, entre otras funciones. La selección se realiza con un joystick de 4 direcciones con botón central (similar al de muchos celulares) y cuatro botones más auxiliares (Power, Menu, Vol + y Vol -).

Así mismo, se usan ciertas capacidades del DSP VS1033C que permiten tener, por ejemplo, un análisis en tiempo real del audio presente a la salida del decodificador, el cual presenta el espectro de la señal actual. De esta manera, es posible visualizar a la señal en forma real de una manera agradable a la vista.

El equipo reconoce etiquetas ID3 Tag para MP3 y headers de WMA, que permiten mostrar información adicional del archivo en pantalla.



El presente equipo se presentó como proyecto de cursada de la cátedra de Técnicas Digitales II de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo, durante el ciclo lectivo 2008.

Introducción

En la actualidad, existen infinidad de equipos reproductores de audio portátiles, ya sean los llamados reproductores de MP3 o sus sucesivas generaciones, que incorporan la posibilidad de reproducir videos o incluso tomar fotos y filmar. Estos pequeños dispositivos integran una gran cantidad de funcionalidades que conforman un sistema. La continua evolución de las tarjetas de memoria, que permiten almacenar grandes capacidades de datos en dimensiones cada vez más pequeñas, y las altas

velocidades de transferencia, son los dispositivos elegidos a la hora de ser soporte de datos de este tipo de equipos. Aunque el sistema de archivos MP3 es un tipo de codificación con pérdidas dada su naturaleza, es el más difundido en la actualidad dada su alta relación compresión – calidad. El objetivo de este proyecto es el de poder realizar un equipo con características similares a los demás disponibles en el mercado y así tener la posibilidad de incorporar, modificar y/o mejorar las características de los mismos. De esta manera se abre la posibilidad de crear un proyecto de reproductor de audio libre para modificación del usuario.

Hardware

A lo que se refiere al hardware, el sistema consta básicamente de distintos bloques definidos alrededor de un núcleo gobernado por un microcontrolador, el ADuC7026, basado en un ARM7TDMI de 32 bits de la firma Analog Device. Se optó por este microcontrolador ya que al inicio del proyecto era el dispositivo más accesible para convertirse en el núcleo del sistema, siendo conscientes de que actualmente existen otros microcontroladores más preparados para esta tarea. Para su funcionamiento, el ADuC7026 necesita un clock externo, en nuestro caso será uno de 32,768 kHz, que internamente será elevado hasta los 41,78 MHz mediante un PLL y se convertirá en el clock del sistema.

Uno de los bloques destacados de este sistema es el que compone el procesador de audio DSP VS1033C de la firma VLSI Solution Oy, cuarta generación de procesadores de audio de la familia VS10XX. La alimentación de

este dispositivo es triple: posee una para la etapa analógica (3.3V), otra para el manejo de puertos (3.3V) y una específica para el núcleo del DSP (2.5V). Este DSP funciona con un cristal de entre 12 y 13 MHz, que se deberá configurar para que decodifique bien todos los formatos de audio disponibles (se necesita un clock externo de por lo menos 12.288 MHz para reproducir todos los formatos en tiempo y a un sample rate de 48 KHz). También dispone de una función ClockX2 que permite colocarle cristales del doble de tamaño, como es en nuestro caso que nos es difícil encontrar un cristal de 12.288 MHz, pero es fácil encontrar uno de 25 MHz. La conexión de datos y de control de este procesador es mediante bus SPI. Este dispositivo cuenta ya además, con una etapa amplificadora de salida apta para conectar auriculares, junto con un buffer separador para minimizar los efectos de ruido que pueda haber.

Otro bloque es la memoria flash de soporte es una del tipo Flash, de conexión serie de alta velocidad, de la empresa SST. El modelo que elegido fue el SST25VF032B, que es una memoria de 32 Mbit (4 Mbytes), suficiente para almacenar las imágenes de fondo del display LCD, al igual que otros datos importantes. Esta memoria soporta velocidades de escritura y lectura de hasta 25 MHz y un modo especial de lectura rápida de 66 MHz.

En cuanto al display, se trata de un display TFT de 2.2" modelo LMT2D2E, con una resolución máxima de 176 x RGB x 220 pixeles y 262.144 colores, de la empresa Topway Display. Este display opera bajo la orden del driver HX8309, que se encarga de suministrar las señales de control a cada uno de los puntos de la pantalla y a su vez

gestionar los datos y comandos con la interface. Este dispositivo funciona con alimentación simple de 3.3V.

La regulación y control de los distintos niveles de tensión para la alimentación de los componentes del sistema la realizan dos convertidores reguladores del tipo Buck (tipo switching), que permiten tener un consumo de corriente mínimo de funcionamiento, comparado con los clásicos reguladores fijos de tres terminales, que aunque no se este consumiendo energía, disipan una cantidad proporcional a la diferencia de tensiones entre la entrada y la salida. En este tipo de reguladores Buck esto no sucede, obteniendo un rendimiento de conversión alto, y el consumo que este tiene es ínfimo, preservando la duración de la batería. Los reguladores son de la familia de reguladores Buck (Step Down) de la firma Texas Instruments. El de 3.3V es el TPS62026 y el de 2.5V es el TPS62205, ambos poseen señales de habilitación que permiten que sean controlados.

Como medio de almacenamiento de datos, se eligió una memoria flash SD/MMC que mediante conexiones serie SPI o de un modo SD propio, posibilita de una manera sencilla acceder a los contenidos de la misma. También se tuvo en cuenta su bajo costo, reducido tamaño, la alta capacidad (superior a 32 Gb) y la gran popularidad que están teniendo en dispositivos móviles como celulares y cámaras fotográficas digitales. Esta memoria soporta velocidades de transferencia de datos de hasta 25 MHz y funciona con alimentación de 3.3V.

En cuanto a la fuente de energía, se adopto una batería de celular de Li-Ion de 3.6V / 900mAh, por su reducido

tamaño. La misma se cargará externamente y no mediante el equipo como se deseaba en un primer momento. De esta manera es posible conectarle, si se quisiese, cualquier otra fuente de entre 3.3V y 5.5V, lo que lo hace apto para, por ejemplo, pilas AA, pilas AAA, alcalinas, de Litio, recargables de Ni-Cd y Ni-MH, o fuentes fijas, entre otras.



Interconexión

Como se mencionó antes, todo se encuentra bajo las órdenes del microcontrolador ADuC7026, con lo cual es necesario que todos los demás dispositivos se conecten con él para que gestione su actividad. Como la mayoría de los dispositivos utilizados soportan la conexión serie sincrónica llamada SPI, que adopta altas velocidades de transferencia de datos con pocos hilos de control (#CS, SCK, SO, SI). El DSP VS1033C, la memoria flash SST25VF032B y la tarjeta de memoria SD se conectan al microcontrolador a través del bus SPI a una frecuencia de operación de 4,18 MHz (limitada por las capacidades del ADuc7026).

El display LCD posee un bus de datos paralelo de 8 bits y 5 bits más de control, con lo cual se utiliza un puerto completo del ADuC7026 para la

conexión al display y otros 5 pines más de un puerto para las señales de control. También se dispone de un pin encargado de encender y apagar el backlight del display.

Todos los botones se conectan en forma separada al ADuC7026, mientras que el joystick lo hace mediante 5 bits de un puerto, y mediante un juego de combinaciones lógicas, se sabe cual botón del joystick esta presionado. Todos los botones poseen resistencias de pull-down.

El zócalo de la tarjeta de memoria SD dispone de contactos auxiliares que son los de "Tarjeta insertada" y "Escritura bloqueada", que son registrados por el microcontrolador mediante dos pines más de un puerto. Se dispone de un pin más encargado de retener la señal de los reguladores Buck para mantener el sistema encendido o apagarlo.

Para grabar el firmware del microcontrolador se consideró dejar accesibles los pines de las conexiones de la interfaz JTAG (TCK, TDI, TDO, TMS, TRST), pero como también el ADuC7026 soporta descarga de firmware mediante su UART, también dejamos accesibles los pines de la misma (SIN, SOUT) y las señales de control necesarias (RST, BOOT_MODE, POWER_EN).

También se habilitó uno de los convertidores AD para tomar un nivel de la tensión de entrada y saber aproximadamente el nivel y estado de la batería.

Para ver el circuito electrónico, favor ir a anexo al final de este archivo.

Operación

Para encenderlo se debe presionar por unos segundos el botón PWR, hasta que la pantalla del equipo encienda y

muestre la bienvenida. Lo que sucede en este primer paso es que el botón activa la entrada de habilitación del regulador de 3.3V, con lo cual se energiza el circuito y enciende el ADuC7026. Si se suelta el botón antes de que el microcontrolador habilite su bit/pin de retener la señal de alimentación, el equipo se apaga. Esto sirve para, por ejemplo, prevenir encendidos por un accionamiento no deseado del botón. Suponiendo que se presionó los segundos necesarios para que encienda el equipo, el microcontrolador va a retener la alimentación con el bit de control e inicializar cada uno de los dispositivos. Una vez terminado el proceso de encendido, el equipo queda a la espera de una acción o actividad.

En el caso de que seleccionemos el modo de reproductor, el equipo va a inicializar las rutinas de software necesarias para esto y comenzará a reproducir el audio. A nivel hardware lo que sucede es que el ADuC7026 va a leer los datos de un archivo de audio de la SD (leyendo una estructura FAT), los procesará y enviará al DSP VS1033C que se encargará de interpretarlos y generar la señal de audio correspondiente. El DSP se va a controlar en simultáneo mediante dos líneas de control que trabajan sobre el mismo bus SPI. Con la línea XCS se envían los comandos y parámetros de control, mientras que con la línea XDCS se envían los datos a interpretar.

Antes de cada reproducción, se reinicia al DSP para que no mantenga datos en el buffer y para que asimile correctamente lo enviado a través del bus SPI mediante XDCS. Esto demora aproximadamente 50ms, y pasa desapercibido para el usuario. Reiniciado se envían las configuraciones de control y se cargan los parches y

plugins que deseamos que ejecute el VS1033C. En nuestro caso cargamos dos parches y el plugin que permite leer el nivel de señal a una frecuencia determinada, logrando así un analizador de espectros en tiempo real, que le da un interesante efecto a la hora de mostrar en pantalla la información del audio que se está reproduciendo y ver como varía la señal.

Luego de esto comenzamos a enviar los paquetes de datos de audio, revisando de que el buffer o la cola del VS1033C dispone de suficiente lugar como para aceptarlos sin perder o solapar información.

Mientras reproduce el audio, se va a poder cambiar de tema, aumentar o disminuir el volumen, y volver al menú principal mediante los botones correspondientes, como así también apagar el equipo manteniendo presionado el botón PWR.

Cuando finaliza de reproducir cada archivo, se pone a nivel de salida mínimo la señal de audio para no tener clicks o glitches desagradables en el auricular al cambiar de archivo, salir o apagar.

Al mismo tiempo que se reproduce, también el microcontrolador ADuC7026 va a estar controlando el display LCD, que va a tomar la imagen de fondo del modo reproductor desde la memoria flash SST25VF032B y va a agregar la información necesaria sobre el archivo que se está usando.

En caso de usar alguno otro de los modos de actividad, como por ejemplo el explorador de archivos o el presentador de imágenes, en este caso se desactiva al DSP VS1033C colocándolo en bajo consumo. En estos modos solo hay actividad entre la memoria SD, la memoria flash y el display con el microcontrolador. En el caso del explorador de archivos, el

microcontrolador va a leer datos de las entradas de la FAT de la memoria SD y mostrará los nombres de las mismas en el display; previo a ello, se cargó el fondo de imagen correspondiente al explorador de archivos y sobre este se escriben los nombres de las carpetas y los archivos existentes en el directorio. En el modo presentador de imágenes, sólo hay actividad entre el microcontrolador, la memoria SD y el display TFT. El microcontrolador va a leer un archivo BMP de la memoria SD, lo interpretará, y generará la imagen que envía a la pantalla.



Firmware

A nivel firmware, el equipo puede describirse mediante distintas máquinas de estado que segmentan su operación para dar paso a las otras y así interactuar unas con otras. En conocimiento de que para este equipo sería mejor la utilización de un RTOS, descartamos la posibilidad de utilizarlo en un primer momento debido a que no conocíamos un RTOS portable a ADuC7026; por esto se decidió por las máquinas de estado. Cada máquina de estados tiene funciones asociadas que permiten modificar el paso que están ejecutando, iniciarlas, detenerlas, cambiar atributos, entre otras propiedades. Cuando una máquina de

estados hace un paso, sale de la misma y permite que otra realice también un pequeño paso o actividad, y así se repite indefinidamente con la cantidad de máquinas de estado que haya en el sistema. Cuanto más fragmentado está cada paso, mejor desempeño y cooperativismo habrá por parte de todo el equipo.

En la versión actual del proyecto, se trabaja con las siguientes máquinas de estado:

```
Menu();  
Leer_y_Dibujar_BMP_Flash_MT();  
Reproductor();  
Explorador_De_Archivos();  
Botones();  
Bateria();
```

Con estas, se logra trabajar perfectamente, logrando una correcta reproducción de los archivos MP3 y WMA, con máximas calidades de sonido. La descripción de estas máquinas de estado a saber son:

Menu(): Es la máquina de estados que se encarga de administrar el menú principal del equipo, permitiendo acceder a los distintos modos de funcionamiento como lo son el modo de reproducción de audio, explorador de archivos y presentador de imágenes. Tiene características como poder mostrar en pantalla hasta nueve opciones de menús con cantidad de submenús ilimitada, efecto de desplazamiento de una opción a otra, selección de idioma, posibilidad de cambiar las imágenes de fondo y de selección, lo que lo hace de skin configurable. A continuación se ve la pantalla con el menú realizado:



Leer_y_Dibujar_BMP_Flash_MT(): Es la máquina de estados que se encarga de leer las imágenes alojadas en la memoria flash SST25VF032B y enviarlas al display TFT. Internamente maneja todas las funciones gráficas mediante un motor gráfico compuesto por muchas otras funciones y/o máquinas de estado.

Reproductor(): Es la máquina de estados que se encarga de reproducir los distintos archivos de audio, leerlos desde la memoria SD y enviarlos al DSP VS1033C, como así también leer la información ID3 Tag e informarla en pantalla, junto con el analizador de espectros y el indicador de tiempo transcurrido. A continuación puede observarse la pantalla típica del reproductor.



Explorador_De_Archivos(): Es la máquina de estados que permite explorar el contenido de la memoria SD, leyendo la estructura FAT (soporta memorias SD/MMC con sistema de archivos FAT12, FAT16 y FAT32) y mostrando en pantalla el nombre del archivo y un icono de identificación asociado a la extensión del mismo. La imagen de fondo esta almacenada en la memoria flash SST25VF032B, que es leída por el microcontrolador y dibujada en el display TFT. A continuación puede observarse la pantalla típica del explorador de archivos.



Botones(): Es la máquina de estados que se encarga de realizar las operaciones necesarias para detectar cuando un botón está presionado, como así también cuando lo esta el joystick. También permite eliminar los rebotes que puedan aparecer a causa de los pequeños transitorios presentes al accionar los botones.

Bateria(): En si no es una máquina de estados sino una función encargada de medir el nivel de tensión o carga de la batería. Cuando este nivel decae a cierto valor, el equipo se apaga para no permitir que el sistema se vuelva inestable a causa de que el convertidor regulador Buck no tiene el nivel de

entrada adecuado para ofrecer una salida de alimentación regulada.

Sistema de archivos

Para leer datos desde la memoria SD/MMC, pero interpretando un sistema de archivos, en nuestro caso el sistema FAT de Microsoft, se utiliza la librería open source japonesa disponible en <http://elm-chan.org>, que está a disposición de quién lo necesite, siendo muy conveniente en sistemas donde se disponga poca cantidad de recursos como memoria RAM o de programa. En nuestro proyecto utilizaremos la versión R0.06 junto con el módulo Tiny-FatFs, que no demanda demasiados recursos para funcionar y además soporta memorias de hasta 8 Gb con sistemas de archivo FAT12, FAT16 y FAT32.

Actualmente esta la versión full R0.07 y la versión reducida PetitFS que permite lectura y acceso a la SD con muy pocos recursos de memoria.

Archivos asociados al proyecto

El software del proyecto se realizó mediante el entorno de desarrollo de Keil uVision3. Los archivos que integran el proyecto se detallan a continuación y para una explicación detallada sobre el papel que juega cada uno recomendamos leer las cabeceras de dichos archivos.

main.c Este es el archivo de código fuente principal del proyecto, donde se ejecutan todas las tareas de inicialización y de donde se invocan a las distintas máquinas de estado.

definiciones.h Este es el archivo de cabecera donde están establecidas

todas definiciones y macros que utilizan los diferentes archivos del proyecto.

explorador.c Este es el archivo de código fuente donde se encuentra la máquina de estado que maneja el explorador de archivos, y donde esta todas las funciones auxiliares que se necesitan para interactuar con esta máquina de estados.

explorador.h Cabecera del archivo *explorador.c*.

grafico.c En este archivo de código fuente están todas las máquinas de estado que controlan la parte gráfica del equipo, junto con las funciones de bajo nivel que manejan al display TFT. Incorpora los mapas de bits de los distintos tipos de fuentes de caracteres. El conjunto de funciones y maquinas de estado que integran este archivo, lo hemos de llamar motor gráfico.

grafico.h Cabecera del archivo *grafico.c*.

id3tag.c Incorpora el conjunto de funciones que permiten leer e interpretar información encriptada dentro de los archivos MP3, como lo es el nombre del tema, título, interprete, año, álbum, estilo, entre otros. Esta versión del archivo reconoce formatos de identificación bajo el formato ID3 Tag 1.0.

wmatag.c Contiene el conjunto de funciones que permiten leer e interpretar información encriptada dentro de los archivos WMA, como lo es el nombre del tema, título, interprete, año, álbum, estilo, entre otros. Esta versión del archivo es beta.

memoriaflash.c En este archivo de código fuente están todas las funciones que se necesitan para interactuar con la memoria flash SST25VF032B, como lo son lectura, escritura, habilitación de escritura, borrado total, borrado parcial, lectura múltiple, etc.

memoriaflash.h Cabecera del archivo *memoriaflash.c*.

menu.c En este archivo de código fuente están todas las máquinas de estado que controlan el menú principal del equipo, junto con las funciones auxiliares que se necesitan para desempeñar con esta actividad.

menu.h Cabecera del archivo *menu.c*.

reproductor.c En este archivo de código fuente están todas las máquinas de estado que controlan al modo de reproducción de audio del equipo, junto con las funciones auxiliares necesarias para ello.

reproductor.h Cabecera del archivo *reproductor.c*.

slide.c En este archivo de código fuente están desarrollada la maquina de estados del modo presentación de imágenes, que permite ver archivos BMP que estén almacenados en la memoria SD.

startup.s Contiene rutinas de inicialización del microcontrolador.

vs1033c.c En este archivo de código fuente están todas las funciones que se necesitan para controlar el DSP VS1033C, junto con otras funciones como cargar plugins o parches.

vs1033c.h Cabecera del archivo *vs1033c.c*.

diskio.h Archivos con funciones de control del sistema FAT.

integer.h Contiene definiciones de tipo de variables y estructuras

sdmmc.c Archivo con rutinas de acceso a nivel capa física de la memoria SD.

tff.c Archivo con librería de funciones e implementación de acceso a estructuras FAT.

tff.h Cabecera del archivo *tff.c*

Todos los archivos antes mencionados tienen vinculaciones cruzadas, con lo cual la ausencia de uno de ellos no permite compilar el proyecto, o en caso de modificar la estructura externa de una función, será necesario reajustar los lugares de donde se la invocaba.

Características finales del equipo

Las características generales del equipo quedaron determinadas como:

Modelo:

ARMMP3UTN2008-Rev.1.1

Alimentación:

Mínimo 3.6 VDC / Máximo 5 VDC

Consumo:

Aproximadamente 70 mAh (considerando 3.6 V con backlight de display TFT encendido y con audio reproduciendo a máximo volumen)

Dimensiones:

51 mm (a) x 84 mm (l) x 12 mm (p)

Peso:

- 80 gramos (sin batería)
- 140 gramos (con batería)

Reproducción de archivos de audio:

- MP3 (8 kbps hasta 320 kbps, y máximo de 48 kHz, CBR y VBR)
- WMA (versión 2 a 9, 5 kbps hasta 320 kbps y máximo de 48 kHz, CBR y VBR)

Conclusiones

Al finalizar el proyecto, pueden mencionarse algunas conclusiones importantes. Se observó que la mayor optimización debió hacerse al manejar el display TFT, contra lo que se pensaba que iba a demandar el procesador de audio DSP. Esto se debe a la escasa cantidad de memoria RAM disponible en el microcontrolador para esta actividad, con lo cual fue necesario leer de la memoria flash de soporte y enviar directamente al display TFT. Este proceso debería ser lo más rápido posible ya que sino sería perceptible a la vista la actualización de la información de pantalla. En cuanto a los convertidores Buck del circuito, al ser switching, los mismos operan en frecuencias cercanas al 1 MHz, con lo cual se producen interferencias mínimas al acercar el equipo a un receptor sintonizado en una estación del dial a esta frecuencia. Estas interferencias pasan desapercibidas en el circuito del equipo, debido a la disposición de los distintos planos de masa de la PCB. En cuanto al sistema de baterías, al utilizar este tipo de convertidores reguladores en el equipo, se lograron duraciones de reproducción de hasta 40% más que en el caso de reguladores fijos LDO (Low Drop Output) o de tres terminales.

Una característica importante que en nuestro equipo no fue considerada, es la posibilidad de interacción con otros dispositivos y/o conexión a PC. En este proyecto la transferencia de datos e información se limita a la grabación de datos en la memoria SD de forma independiente al reproductor, es decir, se necesita de un lector/grabador de tarjetas SD para intercambiar el contenido con la PC. Si se hubiese tenido la posibilidad de contar con un microcontrolador con soporte de USB, esto no sucedería, ya que se accedería directamente con el mismo dispositivo a la memoria SD haciéndolo independiente para el acceso y modificación de datos de la tarjeta. También sería factible para una próxima revisión del proyecto la capacidad de gestionar y administrar los recursos de energía, es decir poder controlar automáticamente la carga de la batería Li-Ion mediante el mismo puerto USB al conectar el reproductor a la PC o con un cargador para MP3 de 5V estándar.

Referencias

- 1.- ADuC7026 - Analog Devices:
<http://www.analog.com/en/analog-microcontrollers/aduc7026/products/product.html>
- 2.- Librería de acceso a FAT - Mr. Chan:
<http://elm-chan.org>
- 3.- Memoria Flash SST25VF032B:
<http://www.sst.com/dotAsset/40373.pdf>
- 4.- Decodificador VS1033C de VLSI:
www.vlsi.fi/datasheets/vs1033.pdf
- 5.- Convertidores buck de Texas Instruments:
<http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/tps62205.html>

Anexo 1 - Circuito electrónico, lista de componentes y PCB

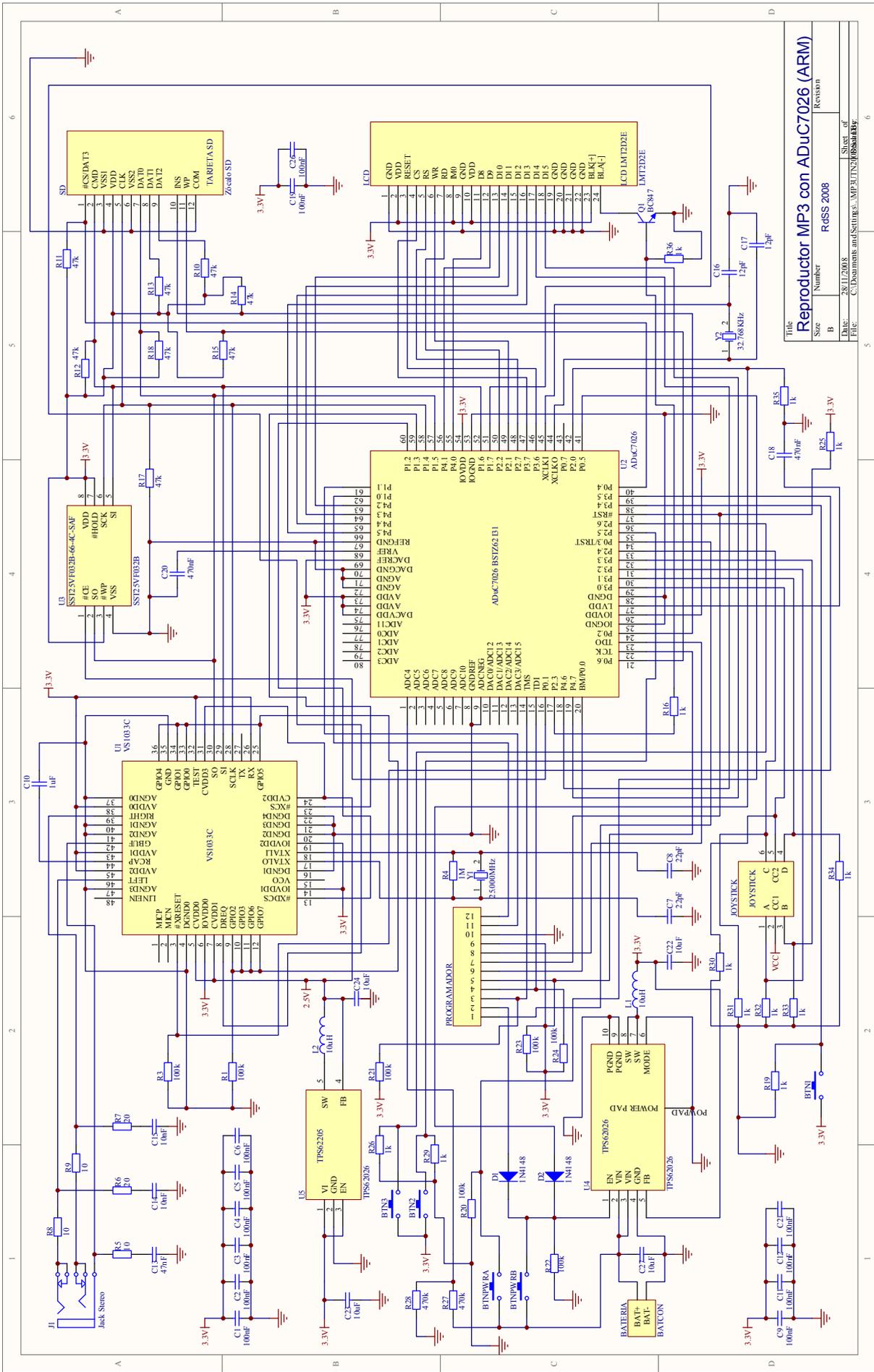
El circuito electrónico del equipo se muestra en la próxima página. Los capacitores C1, C2, C3, C4, C5, C6, C9, C11, C12, C16, C21, C26, deben colocarse lo mas cerca de los pines de VDD o VCC de cada dispositivo para que actúen como bypass, filtrando el ruido que puede generarse al llegar al terminal. Según la hoja de datos del TPS62026, éste posee protección contra polarizaciones inversas de entrada y protección contra cortocircuitos, con lo cual se descarto colocar un diodo en serie a la entrada como protección para así poder utilizar baterías de Li-Ion / Li-Polymer como las de los celulares, que tienen un corte de alimentación al llegar a la tensión de 3.6V, presentando aproximadamente 4.0V en carga plena. Si colocábamos el diodo en serie, el potencial disminuía y ya no se podía usar este tipo de baterías. La entrada máxima al regulador de tensión de 3.3V de tensión es de 5V y la mínima para obtener los 3.3V a la salida es de 3.3V.

Si bien en el circuito las masas están distribuidas (AGND, DGND, IOGND, GND, etc.) y todas conectadas a la misma señal, se debe tener en cuenta que esto se considera así ya que en la PCB final se va a trabajar con planos de masa, posibilitando esta conexión. Los planos de masa estarán lo más cercano posible a todos los pines correspondientes. Por la naturaleza de los reguladores, estos trabajan con frecuencias de 1 MHz, con lo cual pueden apreciarse interferencias de radio en dispositivos cercanos que trabajen a frecuencias similares (por ejemplo receptores de radios en la banda AM).

La salida de audio tiene tres filtros para minimizar ruidos en la señal que puedan provocarse en el trayecto hasta el conector del auricular.

Las pistas del bus SPI van a ser de la longitud más pequeña posible para minimizar ruidos que puedan ocasionarse, al igual que las de señales de control y bus del display TFT.

En cuanto al circuito impreso, se diseño teniendo en cuenta lo descripto arriba y priorizando el tamaño, para poder realizar un dispositivo portable. Se tomo como referencia el tamaño del display como ancho del PCB, y en cuanto al largo el espacio que ocupa junto a los botones y al joystick. El tamaño final del circuito impreso es de 51mm x 84mm, realizado en doble faz, con agujeros PTH metalizados, cobre de 70 um y material FR4.



Title		Reproducer MP3 con ADuC7026 (ARM)	
Size	Number	Revision	
B	RdS 2008		
Date:	28/11/2008	Sheet of	6
File:	C:\Documents and Settings\MP3\U1\26\Reproducer		

Identificador	Componente (encapsulado)
Audio Out	Jack de audio estéreo 3,5 para circuito impreso
BTN1	Pulsador TSW NA
BTN2	Pulsador TSW NA
BTN3	Pulsador TSW NA
C1	Capacitor cerámico 100 nF (0805)
C2	Capacitor cerámico 100 nF (0805)
C3	Capacitor cerámico 100 nF (0805)
C4	Capacitor cerámico 100 nF (0805)
C5	Capacitor cerámico 100 nF (0805)
C6	Capacitor cerámico 100 nF (0805)
C7	Capacitor cerámico 22 pF (0805)
C8	Capacitor cerámico 22 pF (0805)
C9	Capacitor cerámico 100 nF (0805)
C10	Capacitor cerámico 100 nF (0805)
C11	Capacitor cerámico 100 nF (0805)
C12	Capacitor cerámico 100 nF (0805)
C13	Capacitor cerámico 47 nF (0805)
C14	Capacitor cerámico 10 nF (0805)
C15	Capacitor cerámico 10 nF (0805)
C16	Capacitor cerámico 12 pF (0805)
C17	Capacitor cerámico 12 pF (0805)
C18	Capacitor cerámico 470 nF (0805)
C19	Capacitor cerámico 100 nF (0805)
C20	Capacitor cerámico 470 nF (0805)
C21	Capacitor cerámico 100 nF (0805)
C22	Capacitor cerámico 10 µF (0805)
C23	Capacitor cerámico 10 µF (0805)
C24	Capacitor cerámico 10 µF (0805)
C25	Capacitor electrolítico 10 µF (SMD)
C26	Capacitor cerámico 100 nF (0805)
C27	Capacitor cerámico 10 µF (0805)
CT1	Conector control, tira de 12 pines 180º
D1	Diodo 1N4148 (1206)
D2	Diodo 1N4148 (1206)
JYTK	Joystick de 4 direcciones y centro
L1	Inductor 10 µH
L2	Inductor 10 µH
LCD	Display LMT2D2E
Memoria SD	Zócalo tarjeta SD (PSDBT4)
PWR	Pulsador TSW NA
Q1	Transistor NPN BC847 (SOT23-3)

Identificador	Componente (encapsulado)
R1	Resistencia 100 kΩ (0805)
R3	Resistencia 100 kΩ (0805)
R4	Resistencia 1 MΩ (0805)
R5	Resistencia 10 Ω (0805)
R6	Resistencia 20 Ω (0805)
R7	Resistencia 20 Ω (0805)
R8	Resistencia 10 Ω (0805)
R9	Resistencia 10 Ω (0805)
R10	Resistencia 47 kΩ (0805)
R11	Resistencia 47 kΩ (0805)
R12	Resistencia 47 kΩ (0805)
R13	Resistencia 47 kΩ (0805)
R14	Resistencia 47 kΩ (0805)
R15	Resistencia 47 kΩ (0805)
R16	Resistencia 1 kΩ (0805)
R17	Resistencia 47 kΩ (0805)
R18	Resistencia 47 kΩ (0805)
R19	Resistencia 1 kΩ (0805)
R20	Resistencia 100 kΩ (0805)
R21	Resistencia 100 kΩ (0805)
R22	Resistencia 100 kΩ (0805)
R23	Resistencia 100 kΩ (0805)
R24	Resistencia 100 kΩ (0805)
R25	Resistencia 1 kΩ (0805)
R26	Resistencia 100 kΩ (0805)
R27	Resistencia 470 kΩ (0805)
R28	Resistencia 470 kΩ (0805)
R29	Resistencia 1 kΩ (0805)
R30	Resistencia 1 kΩ (0805)
R31	Resistencia 1 kΩ (0805)
R32	Resistencia 1 kΩ (0805)
R33	Resistencia 1 kΩ (0805)
R34	Resistencia 1 kΩ (0805)
R35	Resistencia 1 kΩ (0805)
R36	Resistencia 1 kΩ (0805)
U1	VS1033C (LQFP48)
U2	ADuC7026BSTZ62 (LQFP80)
U3	SST25VF032B (SOIC8)
U4	TPS62026 (MSOP10-POWERPAD)
U5	TPS62205 (SOT23-5)
Y1	Cristal 25.000 MHz
Y2	Cristal 32,768 kHz