



Proyecto Fin de Carrera

Ingeniería Electrónica

Reproductor de MP3 basado en disco duro IDE

Autor: Fernando Moreno Torrero

Tutor: Jesús Manuel Hernández Mangas

Índice

- Objetivos
- El MP3
- Descripción del Hardware
- Descripción del Software
- Características
- Presupuesto
- Demostración

Objetivos

- Cargar el código a través de un BOOTLOADER.
- Acceder a la información contenida en un disco duro IDE.
- Interpretar correctamente la información almacenada en formato FAT32.
- Emplear un decodificador MPEG Layer III para reproducir canciones comprimidas en formato 'MP3'.

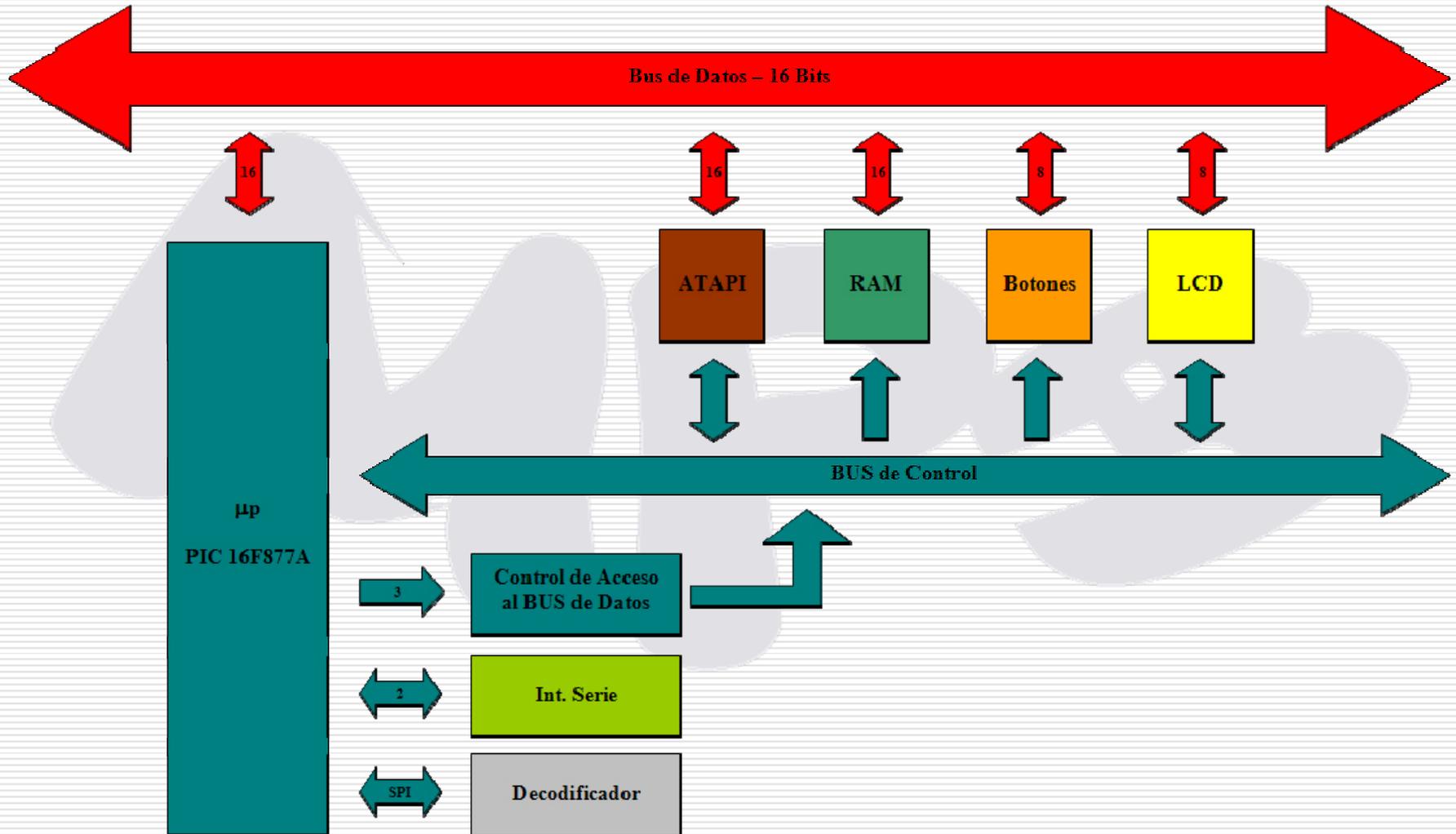
MP3

- MPEG Audio Layer III
- Algoritmo de codificación perceptual
- Basado en el enmascaramiento
- Compresión 12 a 1
- Mantenimiento de la calidad
- Usado para música

Hardware

- Diagrama de bloques
- Módulo de control
- Módulo del Interfaz Serie
- Módulo ATA
- Módulo SRam
- Interfaz de Usuario
 - Módulo Botones
 - Módulo LCD
- Módulo Decodificador
- Fuente de Alimentación

Diagrama de bloques



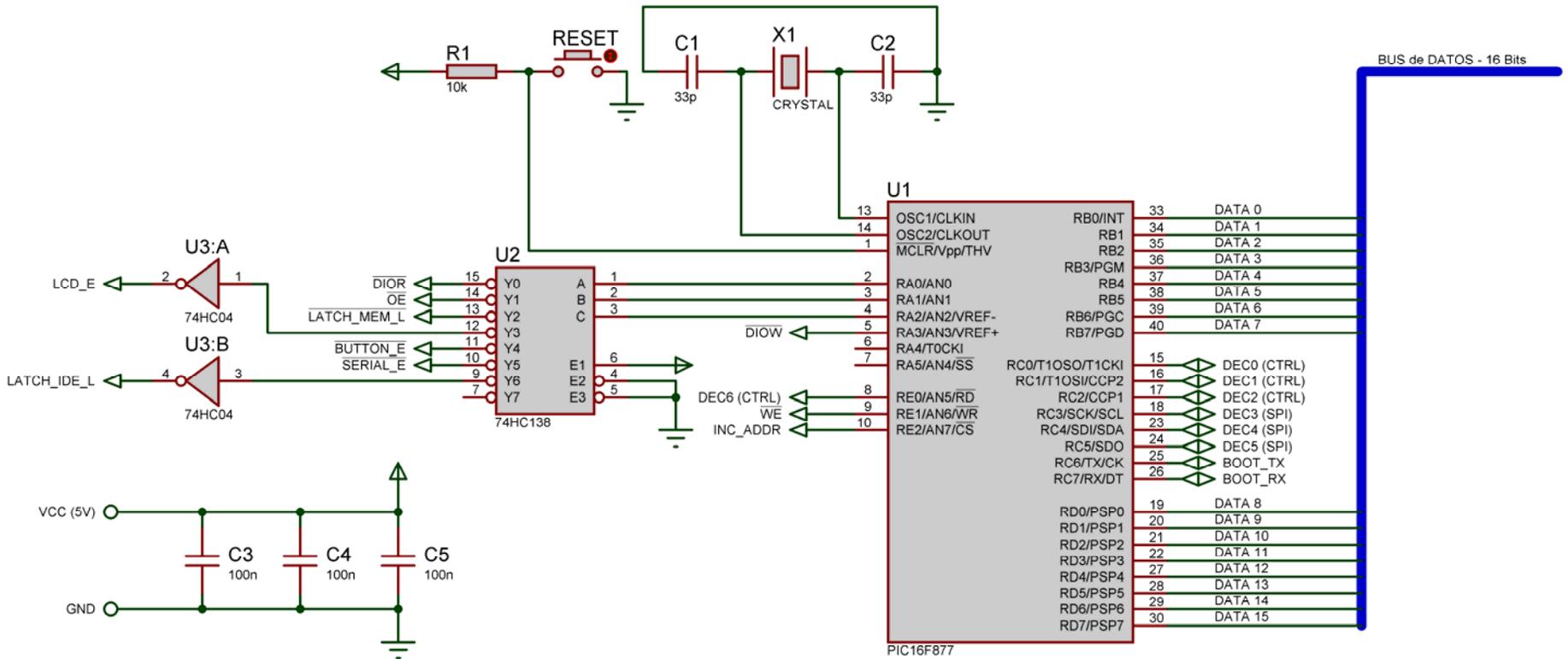
Módulo de control

- Es el “cerebro” del reproductor
- Basado en el microcontrolador PIC 16F877A
- Alberga el código ejecutable
- Dirige el funcionamiento y acceso al BUS de Datos del resto de los módulos

Microchip PIC 16F877A

- RISC (*35 Instrucciones*)
- Arquitectura Harvard.
- Microcontrolador de 8 bits.
- Puede funcionar a 20 MHz
- 8K words de memoria de programa
- Soporta ICSP
- 3 Temporizadores
- SSP con I2C y SPI
- Muchas puertos de I/O
- Conocimiento previo
- Bajo coste

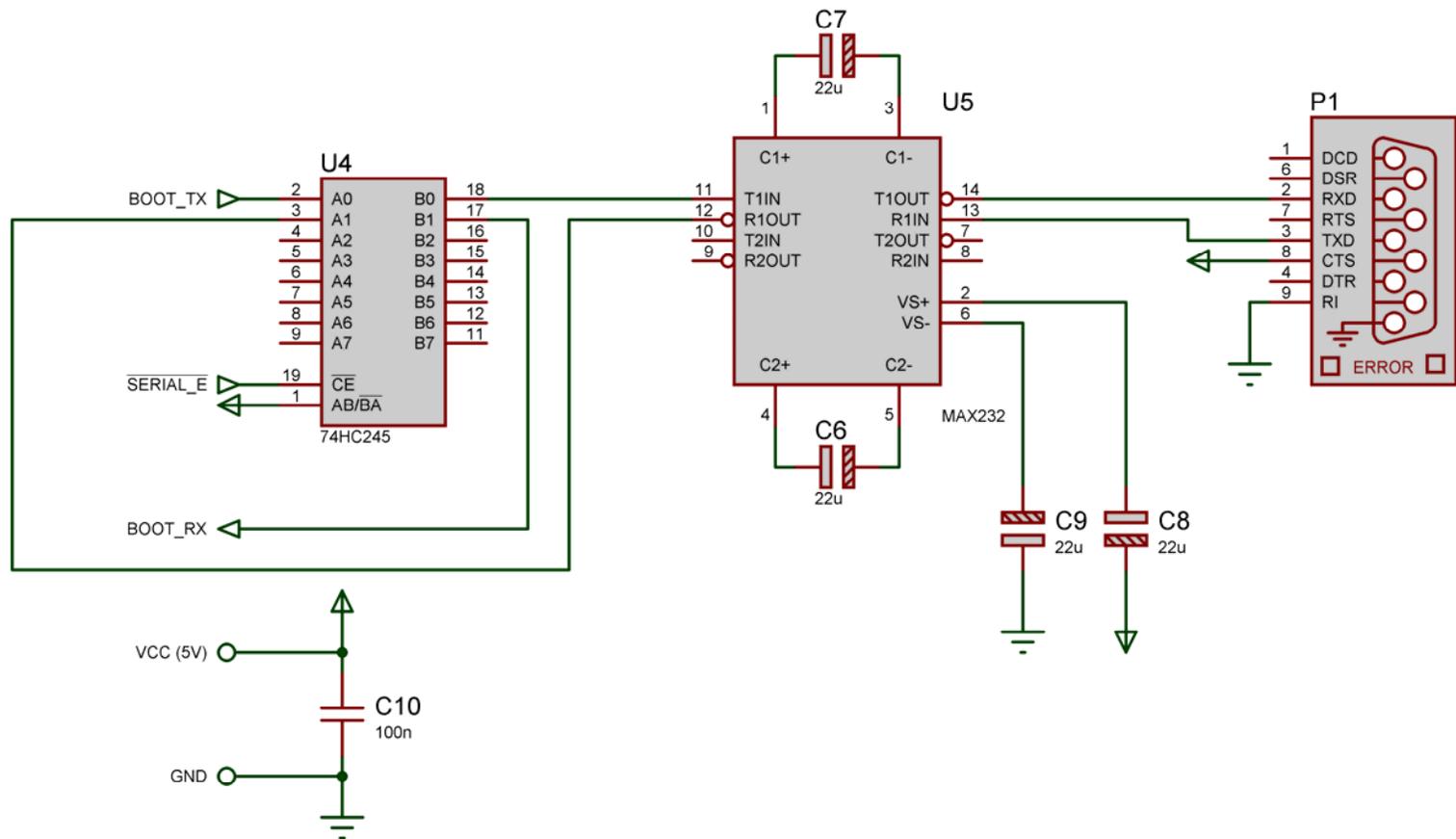


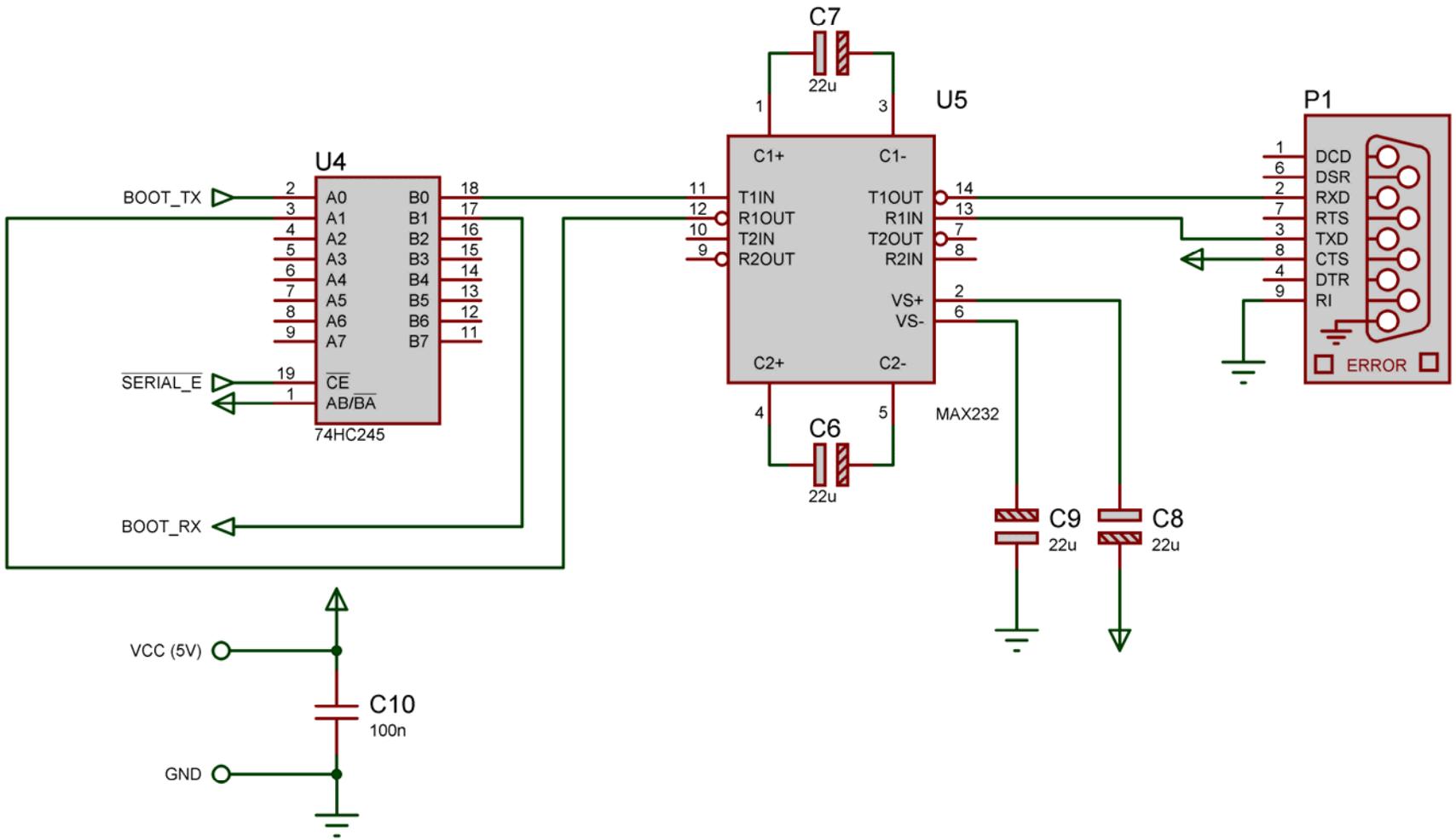


Módulo del Interfaz Serie

- Comunicación: Reproductor ↔ PC
- El PIC dispone de puerto serie integrado
- Adapta los niveles de tensión TTL a la norma EIA-232
- Actualización del firmware

Esquema del Interfaz serie

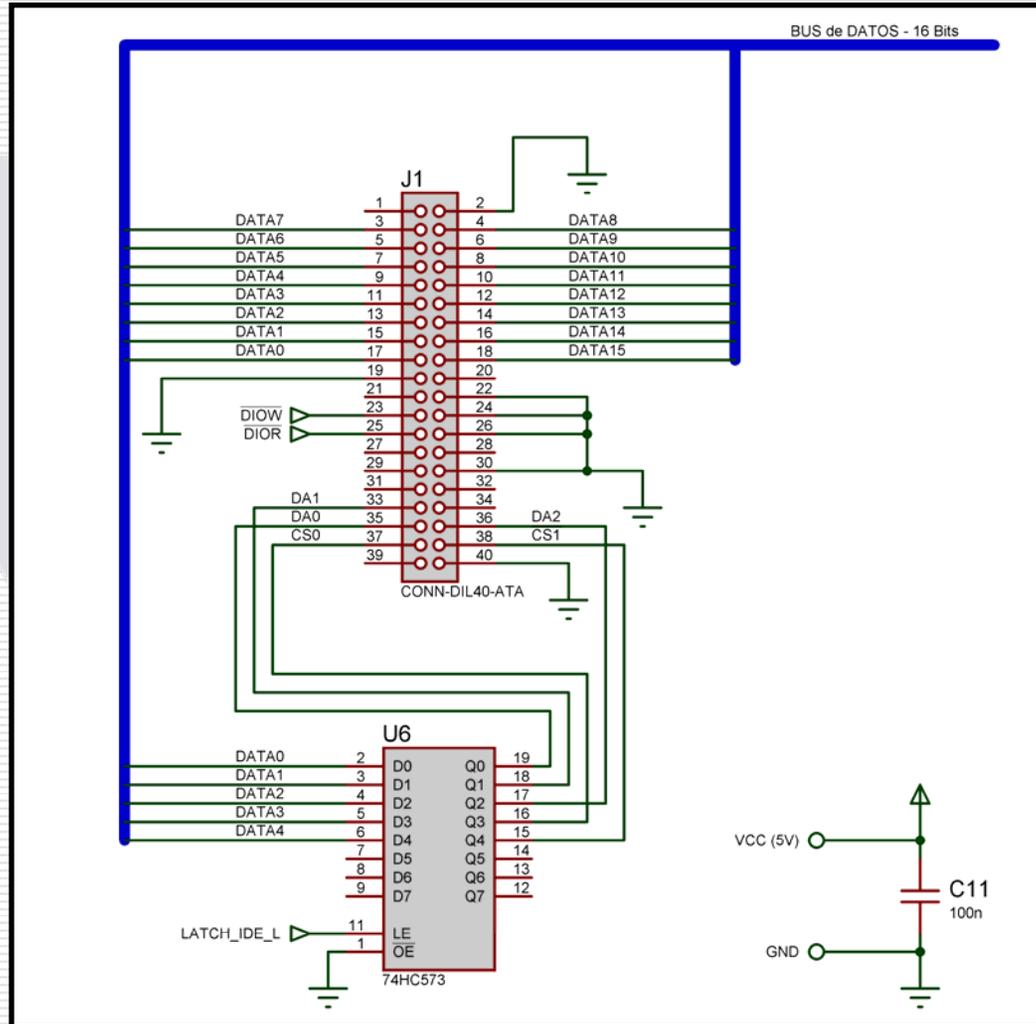


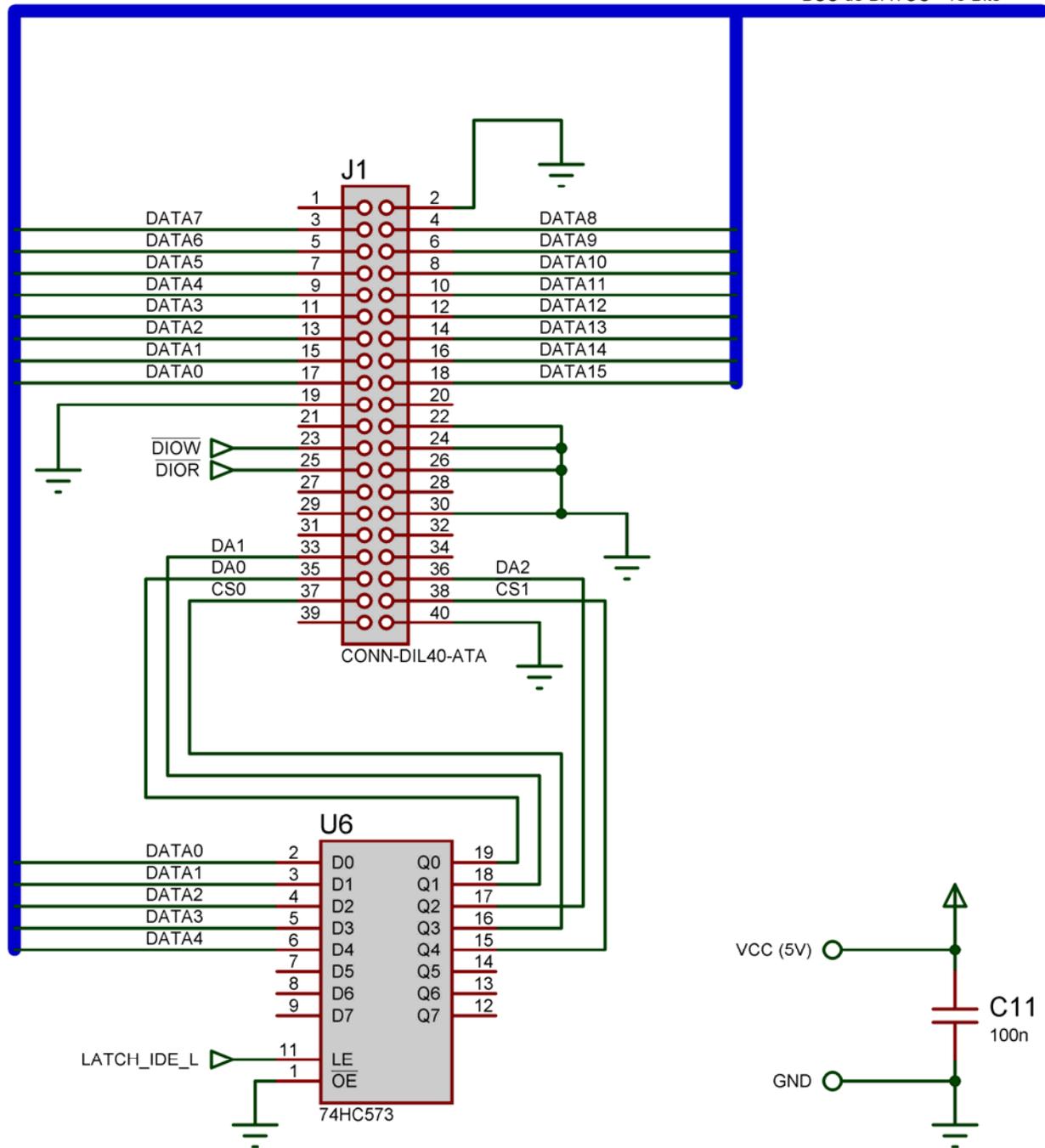


Módulo ATA

- Posibilita la conexión de un disco duro IDE al reproductor.
- Implementa el protocolo ATA que define una interfaz de BUS para la conexión a dispositivos de almacenamiento.
- Almacena los comandos enviados por el microcontrolador y los ejecuta cuando este se lo pide.

Esquema del módulo ATA

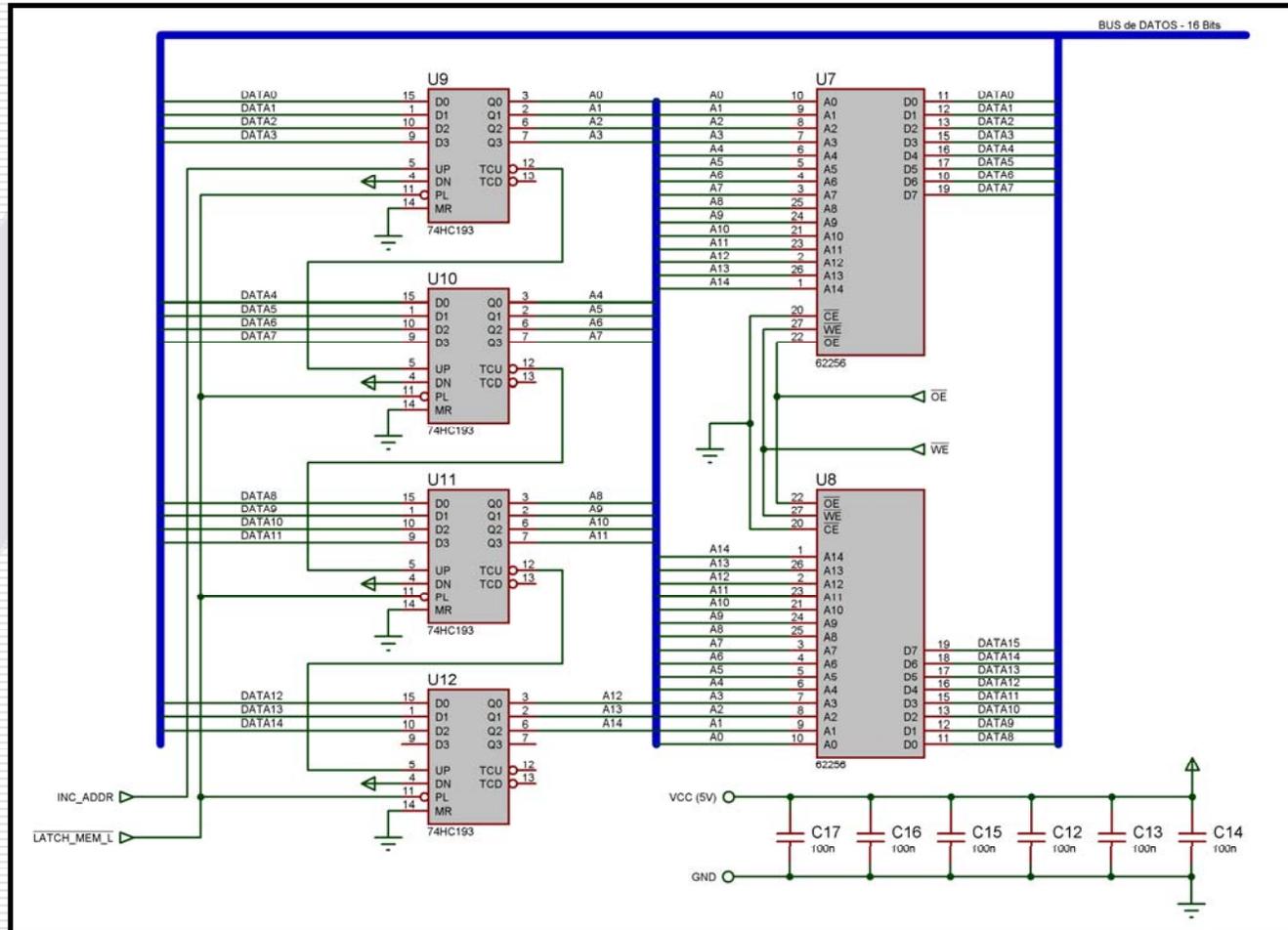


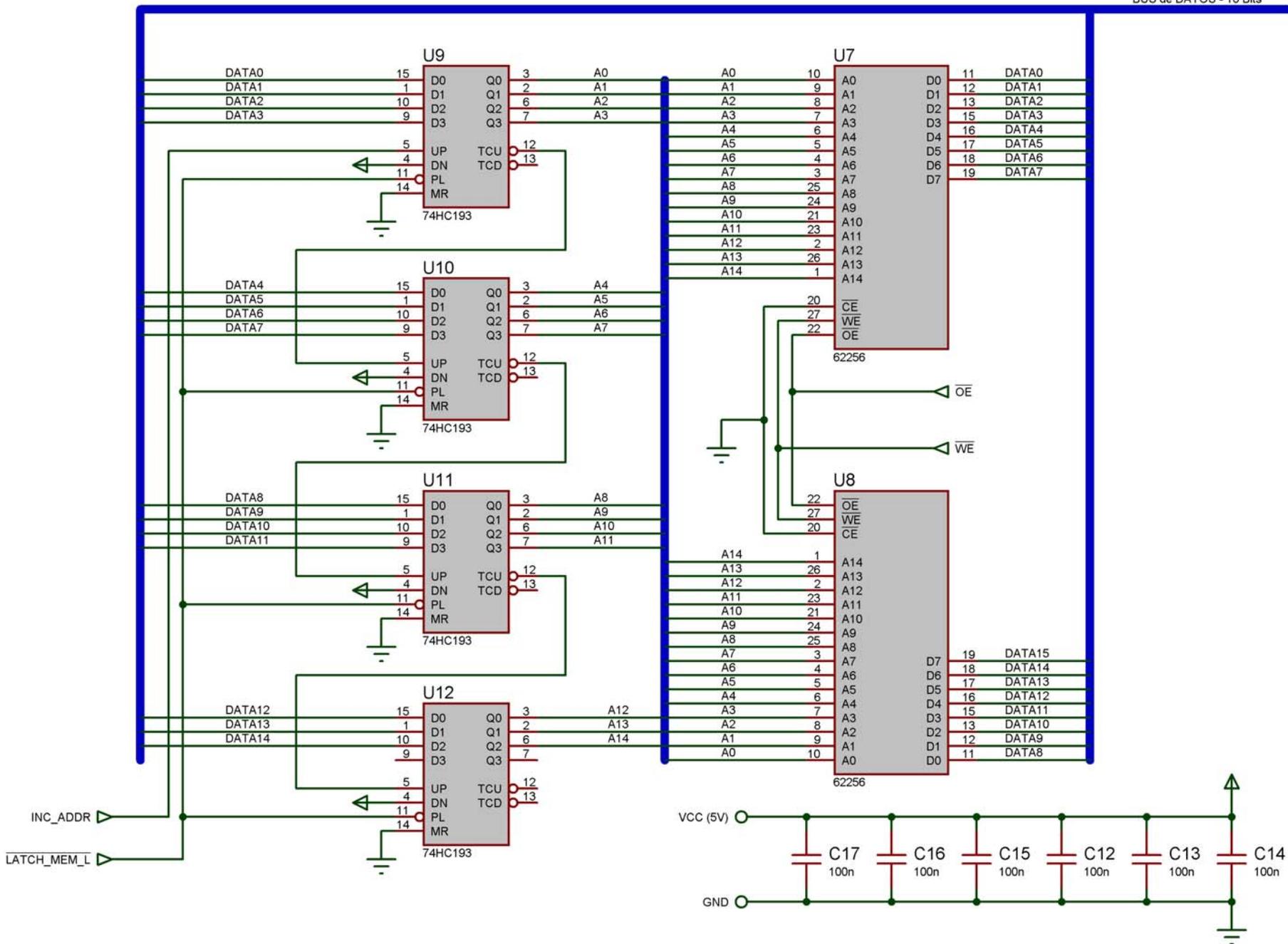


Módulo SRam

- Proporciona una zona de almacenamiento adicional para los datos del reproductor.
- Tiene una capacidad total de 32K x 16 bits.
- Las transferencias de datos consecutivos son muy rápidas gracias al uso de registros contadores.

Esquema del módulo SRam





INC_ADDR
LATCH_MEM_L

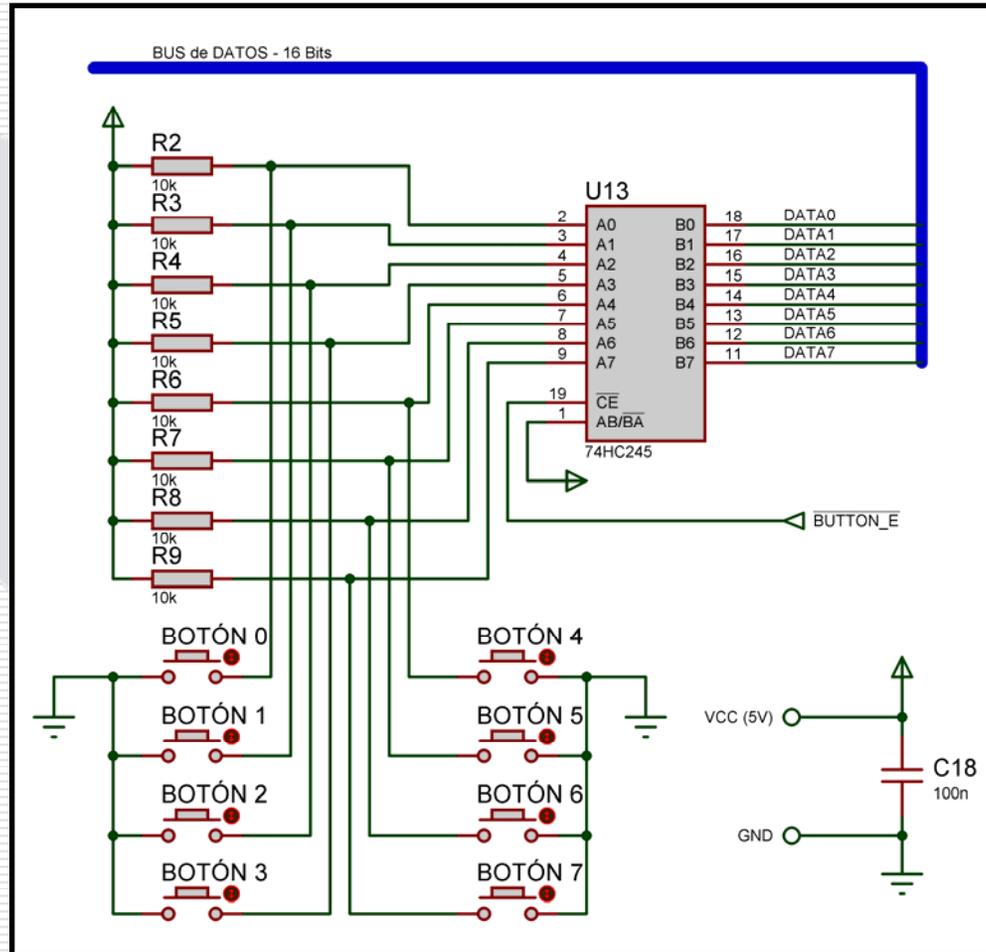
VCC (5V)
GND

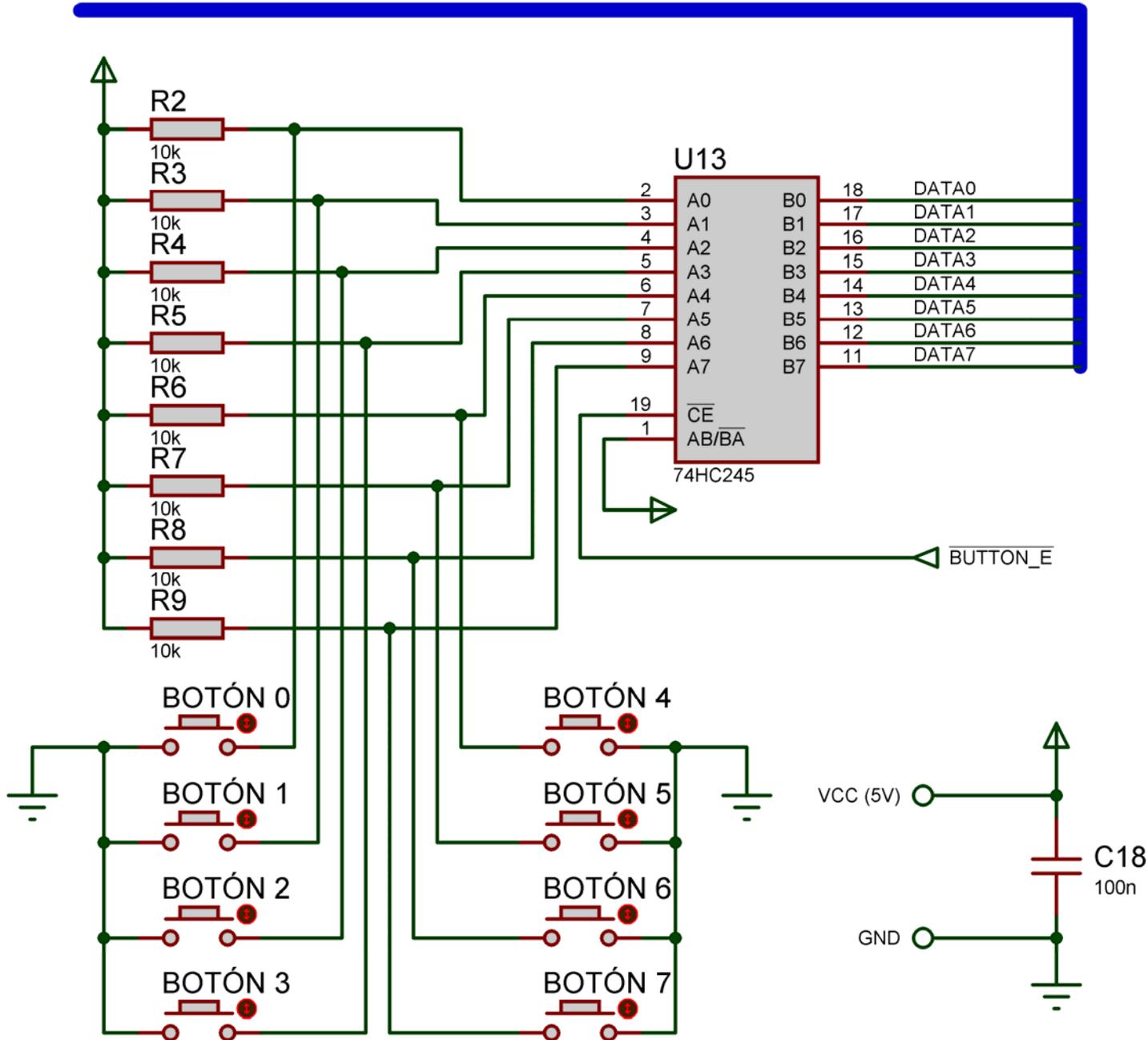
C17 100n
C16 100n
C15 100n
C12 100n
C13 100n
C14 100n

Interfaz de usuario

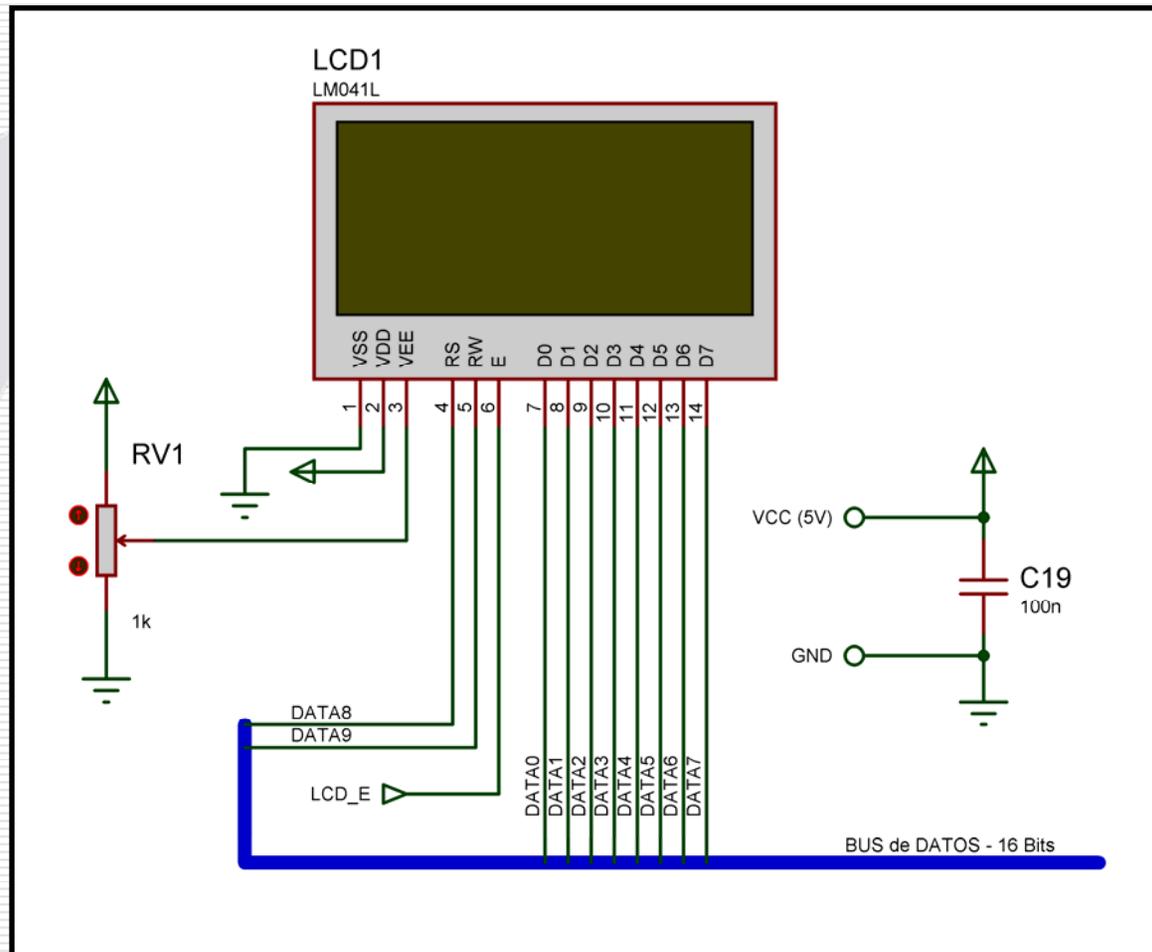
- Está formado por dos módulos: uno controla los botones y otro el display LCD.
- El módulo botones permite conectar al BUS de datos hasta un máximo de 8 botones.
- El display LCD es compatible con el controlador HD44780 de Hitachi y posee 4 líneas de 20 caracteres cada una.

Esquema del módulo Botones

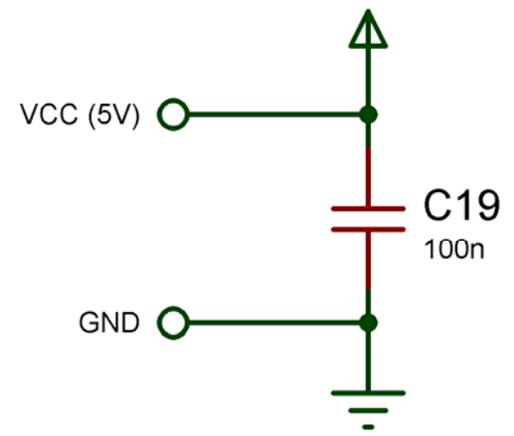
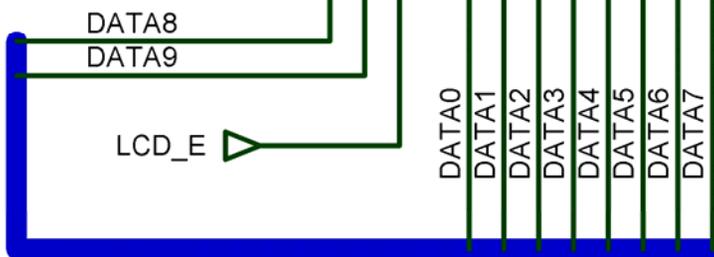
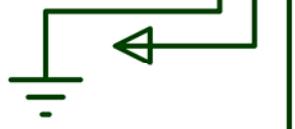
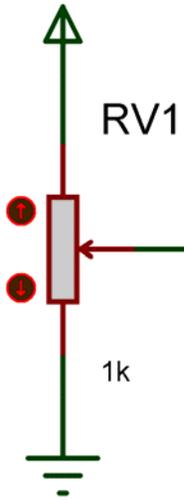




Esquema del módulo LCD



LCD1
LM041L

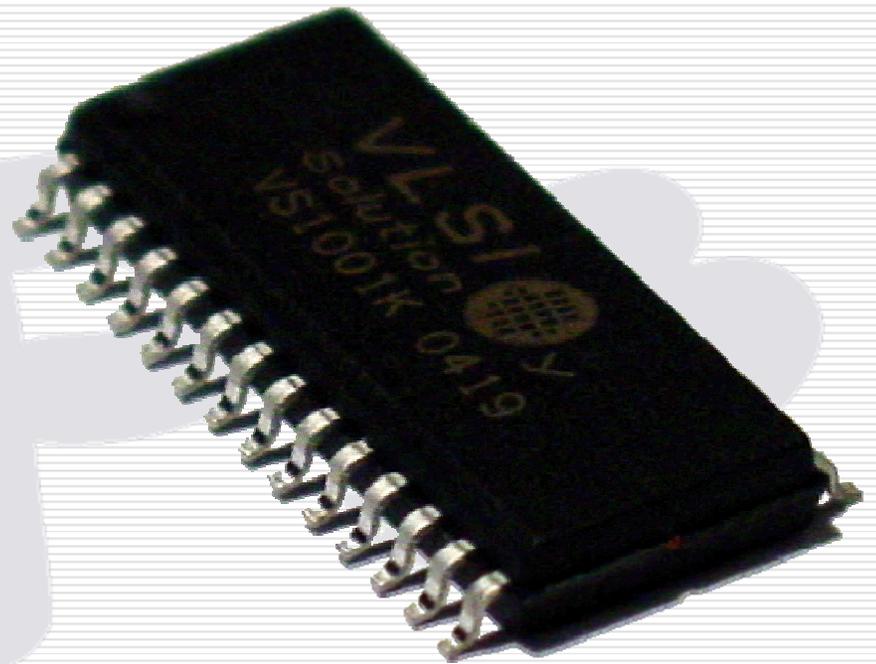


Módulo Decodificador

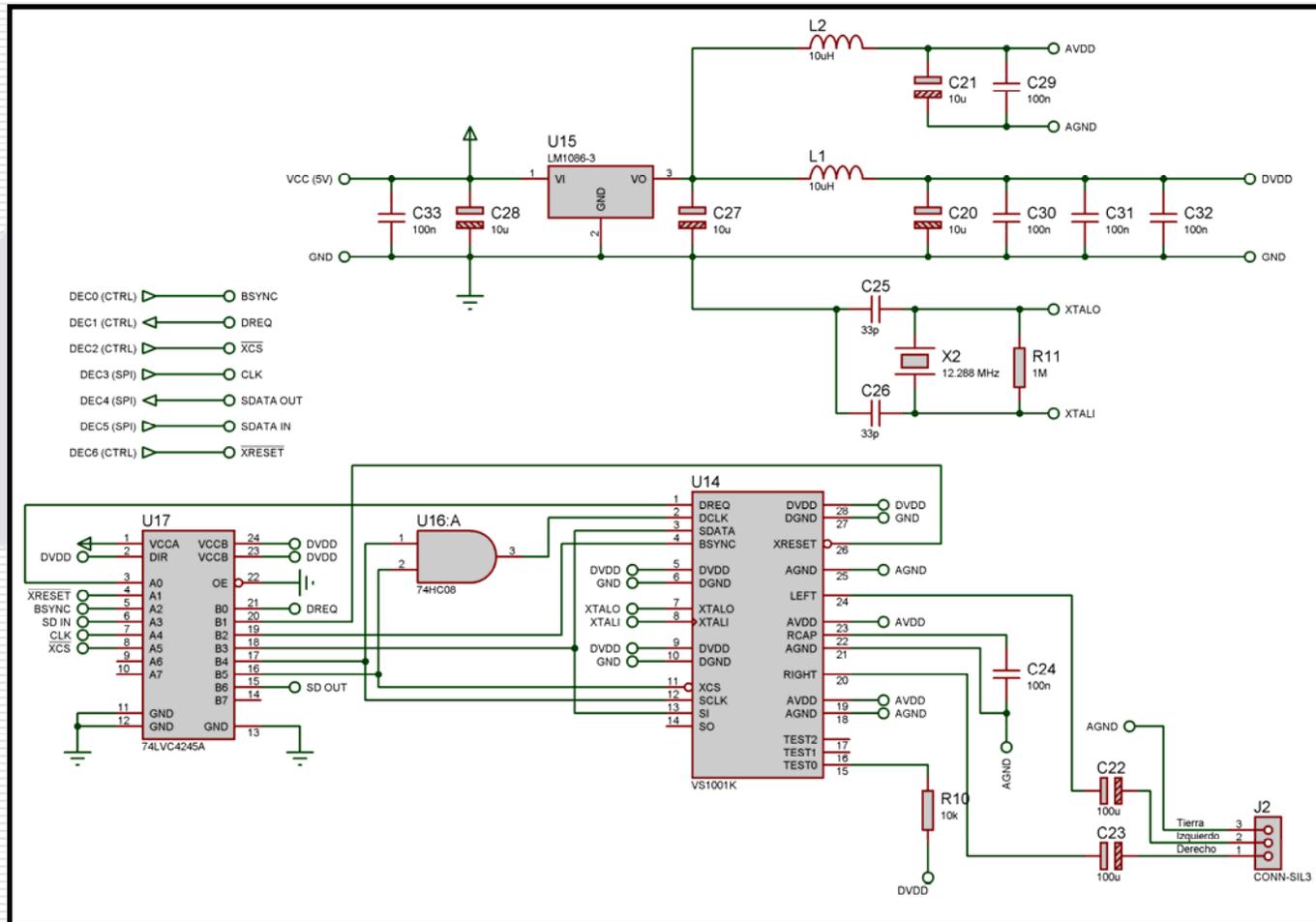
- Se encarga de decodificar y amplificar los datos de la canción extraídos del disco duro.
- Se conecta al microcontrolador a través del puerto serie SPI del que este dispone.
- Requiere la adaptación del nivel de tensión de las señales a 3.3 voltios.
- Es necesario llevar a cabo un filtrado especial en la tensión de alimentación.

VLSI Solution VS1001K

- Decodificador MPEG Layer III.
- Soporta las extensiones MPEG 1, 2 y 2.5.
- Capaz de decodificar hasta 320 Kbps.
- Soporta VBR (*bitrate variable*).
- Incorpora un DAC.
- Incorpora un amplificador.
- Memoria de 4Ki para almacenar programas y añadir funciones.
- El interfaz de control es serie (*SPI*).
- Funciona a 3.3 voltios.

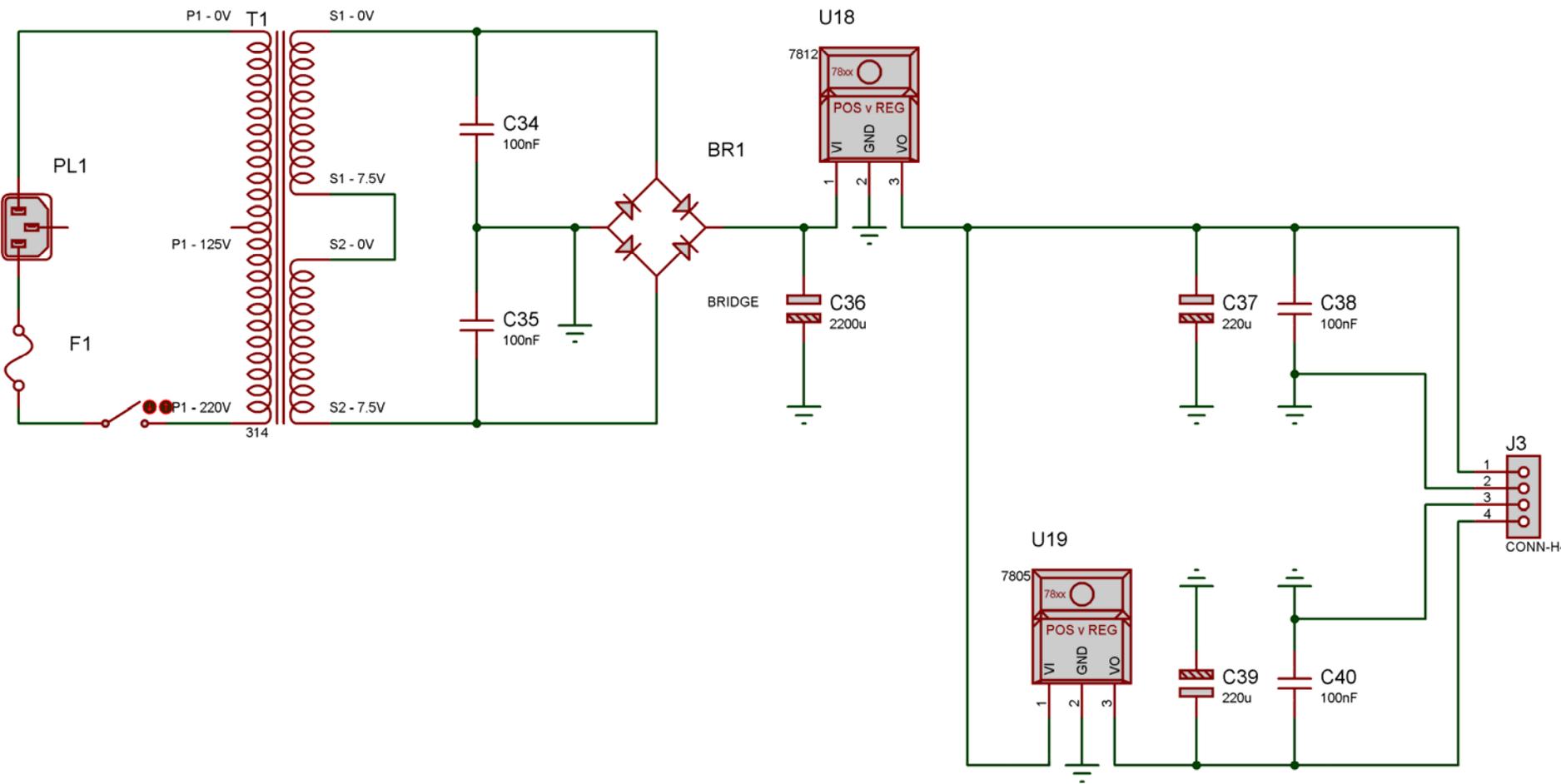


Esquema del módulo Decodificador



Fuente de alimentación

- El reproductor necesita diversas tensiones para su funcionamiento.
- La tensión de entrada es de 220 voltios (alterna).
- El circuito principal funciona con 5 voltios.
- El disco duro requiere una tensión adicional de 12 voltios.
- Los consumos de pico del disco duro pueden alcanzar 1.5 amperios.



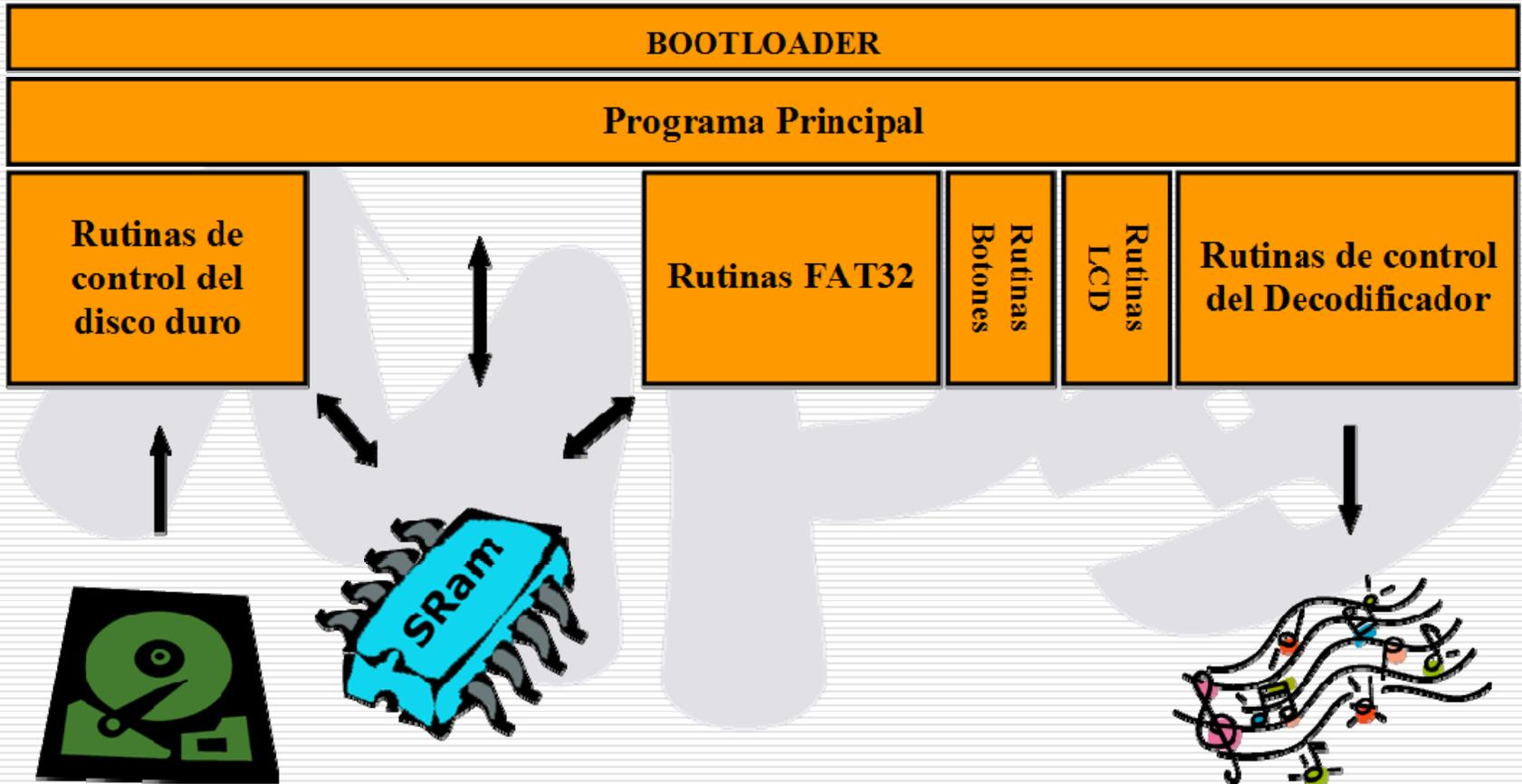
Software

- Consideraciones sobre el Software
- Distribución de los Bloques de Software
- Bootloader
- Rutinas de acceso a disco
- Rutinas FAT32
- Rutinas de control de los botones
- Rutinas del display LCD
- Rutinas del Decodificador
- Programa principal

Consideraciones sobre el Software

- El microcontrolador dispone de una memoria de código de tipo FLASH capaz de albergar 8K instrucciones.
- La memoria disponible para datos es de 368 bytes.
- El código está dividido en bloques funcionales para facilitar su actualización.
- Todo el código ha sido escrito directamente en lenguaje ensamblador.
- En total se han escrito ~5000 líneas de código.

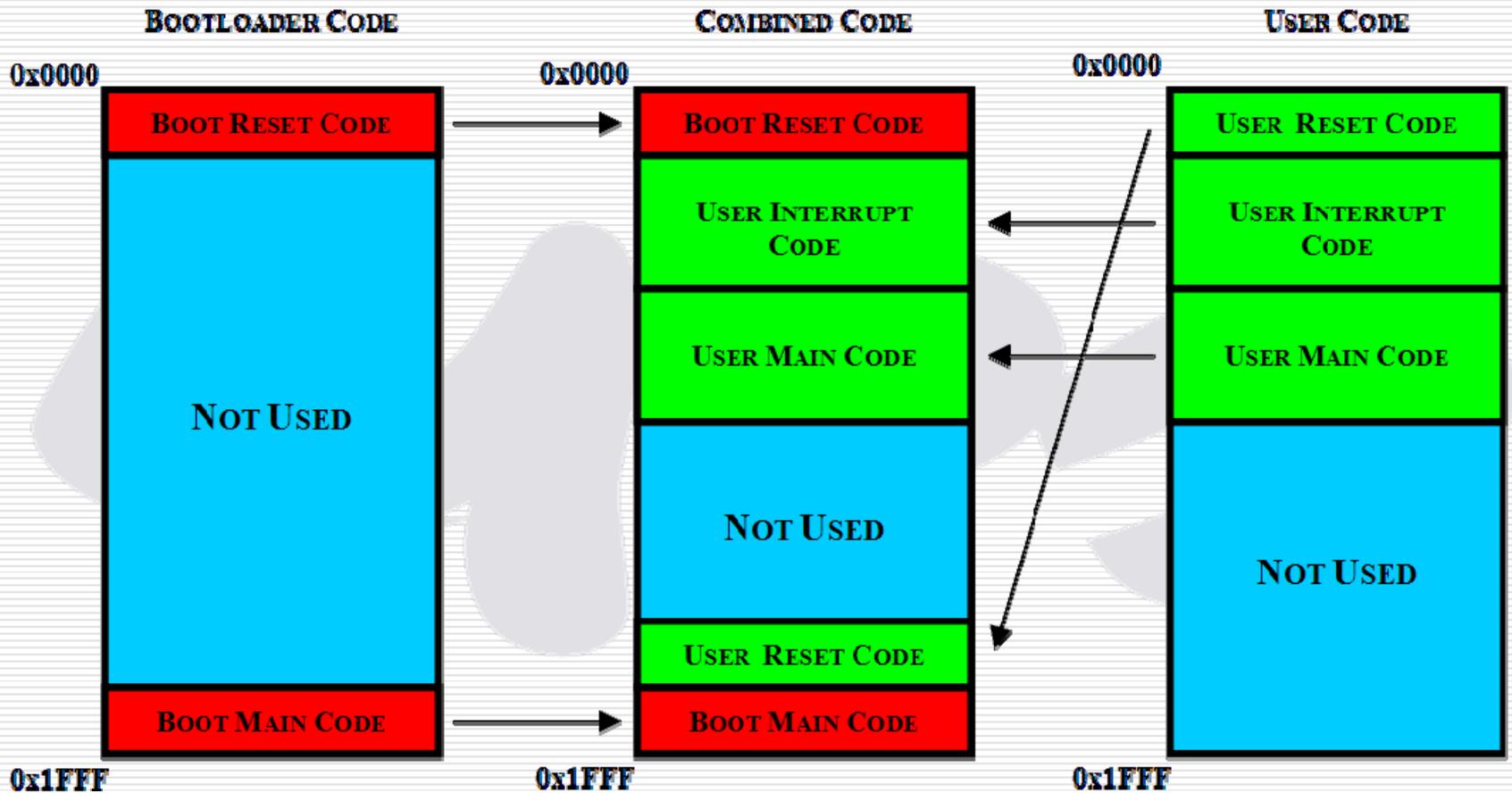
Distribución de los bloques de Software



Bootloader

- Permite actualizar el firmware sin extraer el microcontrolador del zócalo.
- Facilita enormemente el desarrollo del software.
- El microcontrolador permite la escritura del código de programa en tiempo de ejecución.
- Hace uso del módulo del Interfaz Serie.
- La transferencia de código se realiza a 56000 bps.
- Una aplicación en el PC se encarga de mandar el nuevo código al reproductor.

Mapa de memoria de código



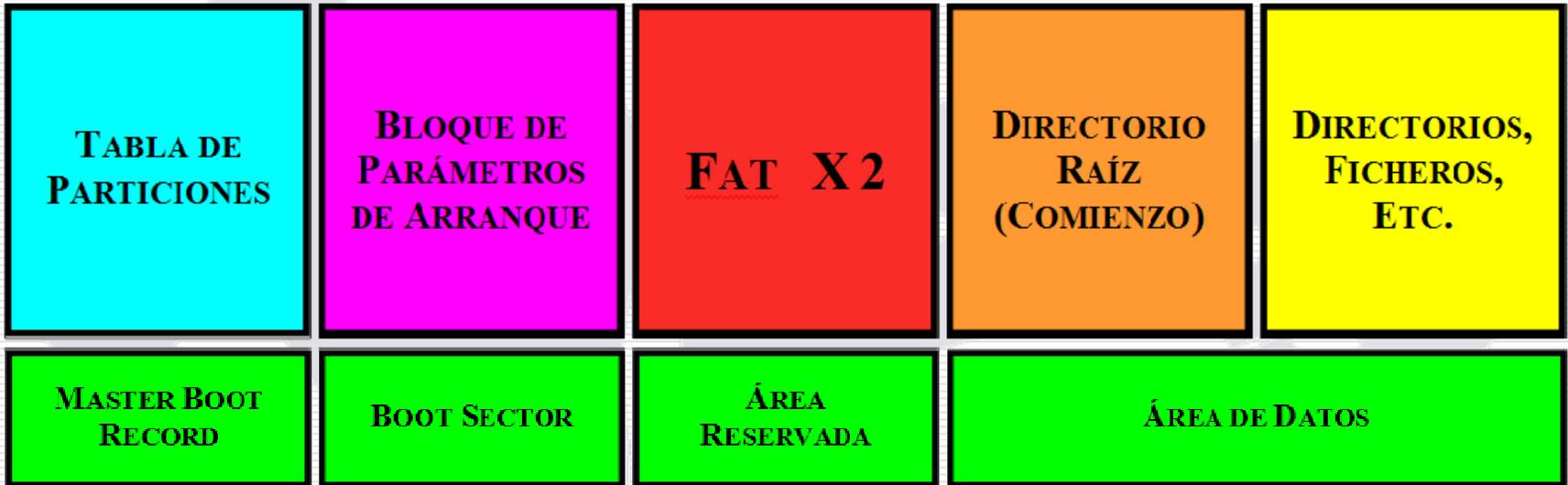
Rutinas de acceso a disco

- Son las encargadas de manejar el módulo ATA.
- Contiene todas las funciones necesarias para acceder al disco.
- Identificación del dispositivo.
- Reset del disco.
- Puesta en Standby.
- Activación del modo LBA.
- Lectura y escritura de sectores.
- Transferencia de los sectores leídos o escritos a o desde la memoria Sram.

Rutinas FAT32

- Funciones encargadas de interpretar los datos extraídos del disco.
- Permiten extraer la información relevante del MBR y el BS y posteriormente la navegación por el sistema de ficheros.
- Inicialización del sistema de ficheros.
- Conversión de N^o de Cluster a N^o de Sector.
- Determinar el siguiente cluster a leer. (tablas FAT, caché de FAT)
- Buscar las entradas de directorio y/o fichero.
- Extraer los nombres largos.

Estructura de disco FAT32



Rutinas de control de los botones

- Son las encargadas de manejar el módulo botones.
- Permiten recoger las pulsaciones del usuario.
- Reconocen hasta ocho botones diferentes.
- Están controladas por interrupciones temporales.
- Eliminan los posibles rebotes y el anidamiento de pulsaciones.

Rutinas de control del Display LCD

- Permiten manejar un display LCD compatible HD44780 de 4 líneas y 20 caracteres por línea.
- Inicialización del display.
- Borrado del display.
- Borrado de una línea concreta.
- Escritura de caracteres.
- Scroll de línea independiente.
- Tiempo de reproducción, Bit rate, Sample Rate

Rutinas de manejo del Decodificador

- Permiten enviar datos y comandos al decodificador de MPEG VS1001K.
- Uso del puerto serie SPI para la comunicación.
- Configuración del puerto SPI.
- Inicialización del decodificador.
- Reset del decodificador.
- Envío de datos y comandos al decodificador.
- Extracción de la información relevante de la canción.

Programa principal

- Es el encargado de llevar a cabo la inicialización de todos los periféricos.
- Su funcionamiento se basa en interrupciones temporales.
- Implementa la interfaz de usuario recogiendo las pulsaciones del usuario y mostrando la información en la pantalla.
- Se encarga de llevar a cabo la reproducción de los ficheros 'MP3'. Extrae los datos del disco y los envía al decodificador

Cálculo del tiempo de interrupción

- El decodificador posee un buffer de 16384 bits.
- La máxima velocidad de reproducción es de 320 Kbps.

$$\frac{16384 \text{ bits}}{320 * 1024 \frac{\text{bits}}{\text{segundo}}} = 0,05 \text{ segundos} = 50 \text{ milisegundos}$$

- El tiempo máximo entre interrupciones es de 50 ms.
- Usaremos un tiempo de 25 ms.

$$\frac{16384 \text{ bits}}{320 * 1024 \frac{\text{bits}}{\text{segundo}}} = 0,05 \text{ segundos} = 50 \text{ milisegundos}$$

Reproducción de una canción

- Se utiliza parte de la memoria Sram como buffer circular.
- Tamaño del buffer = 48 KB dividido en 24 bloques de 2 KB = 16384 bits
- El programa principal extrae los datos del disco y los almacena en la memoria Sram.
- Cada 25 ms se genera una interrupción y se recarga el buffer del decodificador con datos extraídos de la memoria Sram.
- Una vez finalizada la reproducción se envían 2048 ceros para permitir que se vacíe todo el buffer del decodificador.

Características del Reproductor

- Reproductor de ficheros de audio comprimidos en formato 'MP3' (MPEG Layer III).
- Usa un disco duro (3.5", máx. 137 GB) para almacenar las canciones.
- Sistema de ficheros FAT32.
- Maneja ficheros y/o directorios fragmentados.
- Soporta velocidades de hasta 320 Kbps y VBR.
- Admite nombres de directorio y/o fichero de hasta 255 caracteres.
- Amplificador de audio integrado.
- Display LCD retroiluminado de 4 x 20 caracteres.
- Interfaz serie para actualizar el firmware vía PC.
- Sencillez de manejo.

Presupuesto

- Coste del Diseño: 960 horas * 15 €/hora = **14400 €**
- Coste de la mano de obra: 3 horas * 8 €/hora = **24 €**

Coste del material del prototipo	151.47 €		
Unidades producidas	100	1000	10000
Descuento aplicado	10 %	20 %	30 %
Coste del material	13632.3 €	121176 €	1060290 €

Unidades producidas	100	1000	10000
Coste del diseño del prototipo	14400 €		
Coste de la mano de obra	2400 €	24000 €	240000 €
Coste del material	13632.3 €	121176 €	1060290 €
Coste por unidad	304.3 €	159.6 €	131.5 €
Porcentaje de beneficios	18 %		
Coste final por unidad	359.1 €	188.3 €	155.2 €

Posibles mejoras

- Incorporar una unidad de CD o DVD.
- Añadir un interfaz USB 2.0.
- Aumentar la funcionalidad del reproductor (listas de reproducción, funciones random, ...)
- Agregar modos de ecualización de audio (Pop, Rock, Jazz, ...)
- Disminuir su tamaño.