

CAMPUS QUERÉTARO

Diseño de sistemas en Chip

Evidencia (Avance Reto)

Estudiantes:

A01706320 – Ismael García González
A01705935 – Oscar Delgadillo Ochoa
A01706450 – José Manuel Neri Villeda

Profesor titular:

Agustín Domínguez Oviedo

Fecha de entrega

03/06/2021

Sistema de Infoentretenimiento

Contexto

Se estima que alrededor del 40% del valor de producción de un automóvil representa los sistemas electrónicos incluidos. Estas tarjetas electrónicas contienen un microcontrolador o microprocesador que permiten realizar funciones específicas dentro del sistema. Por ejemplo, sistemas de infoentretenimiento, control de bolsas de aire, control de frenos, control de inyección de combustible, control de emisiones, interfaz de instrumentos, alarma de posible colisión por cambio de carril, entre muchos otros. Toda esta tecnología se desarrolla en compañías proveedoras de la industria, tales como Harman, Visteon, Continental, Delphi, Bosch, entre otras. Vislumbrando el mediano y largo plazo, todos los autos o en su gran mayoría se manejarán de forma autónoma, contando con cada vez más sistemas inteligentes, que permitirán incrementar la calidad de vida mediante la reducción de accidentes y fatalidades relacionadas con estos incidentes. Los sistemas de infoentretenimiento representan una parte importante de los automóviles modernos. Normalmente son dispositivos en un vehículo que concentran en una sola interfaz la mayoría de las funciones del vehículo relacionadas con los sistemas que proporcionan información, navegador, recomendaciones de conducción, enlace con teléfonos inteligentes para hacer llamadas y tener conectividad a redes sociales, y entretenimiento por medio reproducción de audio, vídeo e imágenes.

Investigación del Estado de Arte (Reproductor de Música)

Puntos mínimos a tratar:

A. Proceso de digitalización (muestreo, cuantización, codificación).

Primero que nada, debemos de ver ¿Qué es el sonido? Los sonidos son vibraciones del aire, es decir, una serie de presiones ascendentes y descendentes en el aire con respecto a una media, la presión atmosférica. La manera más simple de crear un sonido es hacer que un objeto vibre. De esta manera, un violín suena cuando el arco hace vibrar las cuerdas, y un piano toca una nota cuando se presiona una tecla ya que el percutor golpea una cuerda y hace que ésta vibre.

Ahora bien, la digitalización de sonido o audio es el proceso mediante el cual el sonido analógico se convierte en una secuencia de dígitos (1 y 0). Esto, se hace a través del sistema binario. Este proceso se llama muestreo o sampling. De esta forma se pueden representar en un diagrama como cambios en la presión de aire (o en el nivel de electricidad del imán) con relación al tiempo. Obtenemos la siguiente representación:

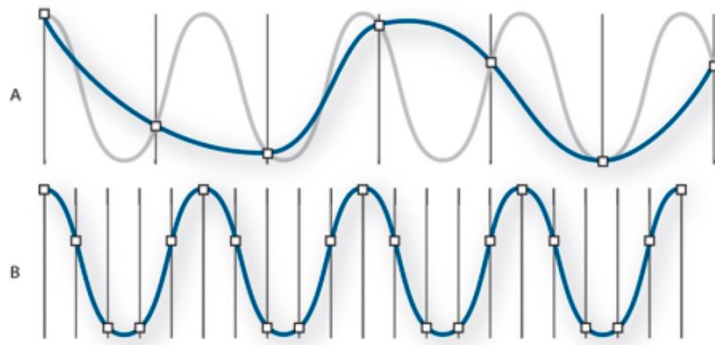


Figura 1. Proceso de muestreo

En el proceso de muestreo se trata de anotar pequeñas muestras de sonido a intervalos temporales específicos. El período de tiempo entre dos muestras se denomina índice de muestreo. Para reproducir sonidos de audio que se escuchen de forma continua se requieren muestras que suenen al menos una vez cada cienmilésima de segundo; por esto, resulta más práctico basarse en el número de muestras por segundos, expresadas en Hertz (Hz). Cuanto más alta sea la velocidad de muestreo, más se asemeja la forma de la onda digital a la forma de la onda analógica original, los índices de muestra más comunes son los siguientes:

Velocidad de muestreo	Nivel de calidad	Rango de frecuencias
11.025 Hz	Calidad baja de radio AM (multimedia de gama baja)	0–5.512 Hz
22.050 Hz	Prácticamente radio FM (multimedia de gama alta)	0–11.025 Hz
32.000 Hz	Mejor que la radio FM (velocidad de difusión estándar)	0–16.000 Hz
44.100 Hz	CD	0–22.050 Hz
48.000 Hz	DVD estándar	0–24.000 Hz
96.000 Hz	DVD Blu-ray	0–48.000 Hz

Tabla 1. Comparación de muestreos

La profundidad de bits determina el rango dinámico. Cuando se muestra una onda de sonido, se asigna a cada muestra el valor de amplitud más cercano a la amplitud de la onda original. Una profundidad de bits más alta proporciona más valores de amplitud posibles, lo que produce un rango dinámico más grande, una base de ruido inferior y mayor fidelidad.

Profundidad de bits	Nivel de calidad	Valores de amplitud	Rango dinámico
8 bits	Telefonía	256	48 dB
16 bits	CD de audio	65.536	96 dB
24 bits	DVD de audio	16.777.216	144 dB
32 bits	Óptima	4.294.967.296	192 dB

Tabla 2. Profundidad de bits

- Contenidos y tamaño de un archivo de audio

Un archivo de audio en el disco duro, como un archivo WAV, consta de un pequeño encabezado que indica la velocidad de muestreo y la profundidad de bits y, a continuación, una larga serie de números, uno para cada muestra. Estos archivos pueden ser muy grandes. Por ejemplo, a 44.100 muestras por segundo y 16 bits por muestra, un archivo mono requiere 86 KB por segundo (unos 5 MB por minuto). Esa cifra se duplica a 10 MB por minuto para un archivo estéreo, que tiene dos canales.

B. Explicar en qué consiste un audio monoaural y el estéreo.

Todos los sonidos producidos naturalmente son en mono, es durante el proceso de mezcla en estudio (paneo), masterización o sonido en vivo donde se crea el estero.

- sonido monoaural: Es un solo canal o pista de sonido creado por un altavoz. También se conoce como sonido monofónico o sonido de alta fidelidad. El sonido monoaural fue reemplazado por sonido estéreo o estereofónico en la década de 1950, por lo que es poco probable que se encuentre con algún equipo monoaural para su hogar.
- El sonido estéreo: Consiste en dos canales de audio separados o pistas de sonido reproducidas por dos altavoces. El sonido estéreo proporciona una sensación de direccionalidad porque se pueden escuchar diferentes sonidos desde dos direcciones. El sonido estéreo sigue siendo la forma más común de reproducción de sonido que se utiliza hoy en día.

En los sistemas de audio para saber si nuestro sistema puede tener salida mono o estéreo, por lo general se tiene la siguiente secuencia (Figura 2), en la que el conector tiene una sola línea la cual indica que es monoaural y si se tienen dos franjas puede ser estéreo, esto ya que se tienen dos salidas separadas de audio las cuales en cada franja tiene una salida diferente de audio, haciendo este efecto estéreo.

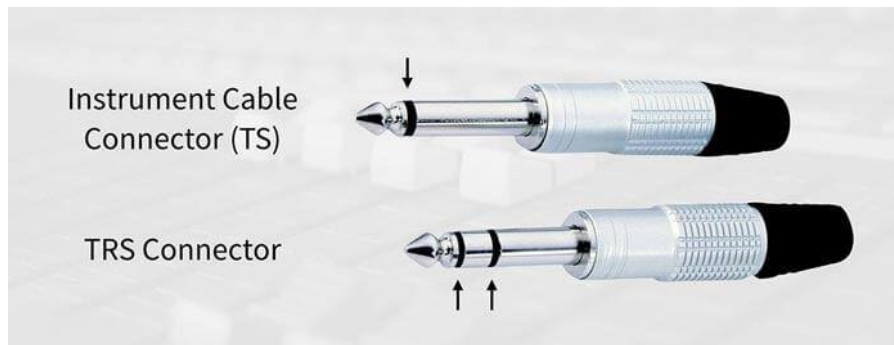


Figura 2. Cable TS y TRS

C. Proceso de compresión de audio.

Un compresor es un procesador que te permite controlar el rango dinámico de una señal de audio. La dinámica es la diferencia entre las partes donde encontramos picos y en las que hay depresiones de una señal; si dicho rango es alto, la diferencia es muy grande, pero si es baja, no hay mucha diferencia entre esos picos y caídas.

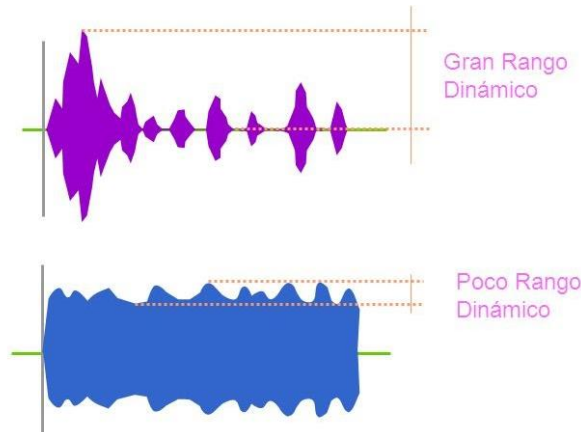


Figura 3. Comparación de rango dinámico

Al comprimir nivelamos el volumen de las pistas para que encajen mejor en la mezcla y esto se hace con la finalidad de tener una mejor calidad en el sonido y hacer que se sienta más realista, en nuestro caso como tenemos que hacer un reproductor de música los compresores nos permiten que el audio se adapte a nuestras necesidades.

D. Investigar características de los diferentes formatos existentes de audio tanto sin compresión (PCM, AIFF, FLAC, ALAC) como con compresión (MP3, AAC, Ogg Vorbis).

Formatos de audio sin compresión

Formato	Descripción	Características
PCM (Pulse-Code Modulation)	Procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia	El formato más usado de audio digital PCM lineal es el del CD de audio. Tiene una tasa de muestreo de 44,1 kHz y cuantificación lineal de 16 bits (que mide

	de bits (señal digital), método inventado por el ingeniero británico Alec Reeves en 1937 y que es la forma estándar de audio digital	65536 niveles de señal diferentes). Permite registrar señales analógicas con componentes hasta los 20 kHz y con relaciones señal a ruido de más de 90 dB.
AIFF(Audio Interchange File Format)	Formato de audio sin comprimir, similar a cómo Microsoft e IBM desarrollaron WAV para Windows, AIFF es un formato que fue desarrollado por Apple para sistemas Mac en 1988.	La mayoría de los archivos AIFF contienen audio sin comprimir en formato PCM. El archivo AIFF es solo un contenedor para la codificación PCM, lo que lo hace más adecuado para su uso en sistemas Mac.
FLAC (Free Lossless Audio Codec)	Formato de audio no comprimido, sin pérdida de tal manera que el tamaño del archivo de audio se reduce sin que se pierda ningún tipo de información.	FLAC no soporta muestras en coma flotante, sino en coma fija. Admite cualquier resolución PCM de 4 a 32 bits por muestra y cualquier tasa de muestreo desde 1 hasta 655350 Hz.
ALAC(Apple Lossless Audio Codec)	Fue desarrollado y lanzado en 2004 como un formato propietario, pero finalmente se convirtió en código abierto	Si bien ALAC es bueno, es un poco menos eficiente que otros tipos de formato de audio como FLAC cuando se trata de compresión.

Formatos de audio con compresión

Formato	Descripción	Características
MP3 o MPEG (Motion Picture Experts Group)	Formato compresor de audio digital que usa un algoritmo con pérdida para conseguir un menor tamaño de archivo.	Se constituye de diferentes tramas que a su vez se componen de una cabecera y los datos en sí. Cada una de las tramas pueden ser cortadas y después reproducirlas en cualquier reproductor. Permite calidad de audio en tasas tan bajas como 64 kbps.
AAC (Advanced Audio Coding)	Formato informático de señal digital audio basado en un algoritmo de compresión con	Utiliza una frecuencia de bits variable (VBR), método de codificación que adapta el número de bits utilizados por segundo para codificar datos de audio, en función de la complejidad de la transmisión de audio en un momento

	pérdida, elegido por Apple como formato principal para los iPods y para su software iTunes.	determinado. Frecuencia de muestreo = 96 kHz, 88.2 kHz, 48 kHz, 44.1 kHz, 24 kHz, 22.05 kHz, 16 kHz.
Ogg Vorbis	Formato contenedor multimedia, y el formato de archivo y flujo nativo para los códecs multimedia Xiph.org.	Formato de audio comprimido de uso general para audio y música de calidad media a alta (8kHz - 48.0kHz, 16+ bit, polifónico) a tasas de bits fijas y variables de 16 a 128 kbps / canal. Está pensado para frecuencias de muestreo bajas y alta definición. Tiene una gama de representaciones de canales como el monoaural, polifónico, estéreo, entre otros.

E. Conectores Y cables utilizados para el sonido.



Figura 4. Conectores Y

- **ADAT / Toslink (Alesis Digital Audio Tape):**

Es un formato multicanal digital que utiliza un tambor giratorio helicoidal de dos cabezas de lectura y dos de grabación dispuestos en un tambor cada 90 grados. Fue el primer formato MDM (Modular Digital Multitrack), y es capaz de grabar hasta 8 pistas con una resolución de hasta 24 bits utilizando una frecuencia de muestreo de 44.1 ó 48 KHz,

- **FireWire:**

Es un tipo de conexión multiplataforma que transmite datos en serie a gran velocidad (hasta 786.5 Mbps), el cual reduce el retardo de una manera eficiente. Permite la conexión de hasta 63 dispositivos, y admite longitudes de cable de hasta 4 metros.

- **USB (Universal Serial Bus):**

Puede ser utilizado para transmisión de audio en exclusiva. El audio en este caso es totalmente digital y requiere procesamiento, sea por software o por hardware, con una velocidad de transmisión de hasta 60 MB/s en la interfaz USB 2.0

- **S/PDIF – RCA (Interfaz Digital Sony/Philips):**

Es un protocolo de transmisión a nivel de hardware de señales de audio digital moduladas en PCM entre dispositivos. Actualmente podemos encontrarlo con conector Toslink o RCA, siendo este último coaxial con 75 ohmios,

- **XLR (eXternal Line Return):**

este tipo de conexión de audio es el estándar profesional desde hace muchos años. Destaca por su baja impedancia y facilidad de conexión, y por ello también se lo conoce como «cable equilibrado» en la industria del audio, ya que por el polo positivo y por el negativo circula la tensión de entrada y salida en lugar del cable de alta impedancia «equilibrado», en el que solo un cable interno tiene la carga. Cabe destacar que este es uno de los que más se usan en la industria del sonido.

- **BNC (Bayonet Neill-Concelman):**

Es un tipo de conector coaxial que recibe su nombre por su cierre de tipo “bayoneta”, que asegura que no se saldrá el conector si no queremos. Su principal característica además del tipo de cierre es que cuenta con una impedancia constante, lo que permite conexiones con cables de muchos metros.

- **TS/TRS (Jack):**

Son muchas, muchísimas las variantes que tiene este tipo de conector, que se ha convertido en el estándar de la industria del audio porque es la manera más fácil, rápida y plug & play de tener audio analógico que no requiere nada más, por lo que la señal que entrega es exacta a la que se capta. Se le denomina también conector TS (tip-sleeve, punta-funda) o TRS (tip-ring-sleeve, punta-anillo-funda) por su forma y porque distribuye los polos de conexión en un solo cuerpo.

- **MIDI (Musical Instrument Digital Interface):**

Es un medio de conexión digital especialmente concebido para instrumentos musicales, y hoy en día es la conexión estándar para teclados (de música). Esta interfaz fue inventada para que los instrumentos musicales pudieran comunicarse unos con otros, y que un instrumento pudiera controlar a otro. Por este motivo, las famosas pedaleras que utilizan muchos guitarristas llevan conexión MIDI (ya que la pedalera sirve para modificar el sonido de la guitarra).

F. Circuitos especializados para conversión Digital a Analógico para audio (dar al menos 2 modelos explicando sus principales características).

Convertidor Digital Analógico (DAC)

Las principales características de un convertidor digital analógico son su resolución, de la cual depende del número de bits de entrada del convertidor, conversión unipolar o bipolar, la mayoría de las señales de audio modernas se almacenan de forma digital como lo es el

MP3 , y para que esta se pueda escuchar debe ser a través de altavoces por lo que se debiera convertir en analógica.

Especificaciones

-Resolución

La resolución porcentual de un DAC depende del número de bits, es decir un DAC de 10 bits tiene una resolución más sensible que uno de 8 bits.

-Precisión

Para medir la precisión en los DAC se establece con el error de escala completa y error de linealidad. El error de escala completa es la máxima desviación de la salida y el error de linealidad es la desviación máxima en el tamaño de la etapa del teórico.

-Tiempo de respuesta

Este es basado en la velocidad de operación que existe en los DAC, el cual se explica como un tiempo de respuesta, correspondiente al periodo que se requiere para la salida pase de cero a una escala completa que es cuando la entrada binaria cambia los ceros por unos.

-Voltaje de balance

Normalmente se espera que este voltaje sea respectivo a cero, pero existe la posibilidad de un pequeño voltaje de salida producido por un error de balance dentro del amplificador DAC.

Tipos de DAC



Clase A

Este tipo de DAC es para usuarios los cuales esperan una mejor calidad de sonido, por lo que requerirán audífonos más exigentes los cuales buscan una máxima calidad.

Clase B

Es un tipo de DAC ni tan exigente en mejor calidad de sonido, pero es suficiente para tener un excelente sonido.

Clase C

Este tipo de DAC está dirigido hacia usuarios los cuales realizan un uso constante de dispositivos portátiles, por lo cual serán versátiles para su uso.

Figura 5. Convertidor Digital Analógico

- G. Investigar el circuito VS1053 utilizado para decodificar audio por compresión (explicar el circuito, su conexión típica, interfaces para su conexión).

VS1053 permite convertir la placa de Arduino en un reproductor de música. Es capaz de decodificar MP3, AAC, Ogg Vorbis, WMA, MIDI, FLAC, WAV, utilizar auriculares de 30 ohmios sin fuente de alimentación. cuenta con lectura de tarjeta microSD.

Especificaciones

- Interfaz SPI
- Posibilidades de grabar audio
- Formato de audio MP3, AAC, Ogg Vorbis, WMA, MIDI, FLAC, WAV
- Integrado con un puerto de tarjeta microSD
- Alimentación de 5V DC

Características

- Dimensiones 69x53x02 mm
- Peso 14.7G

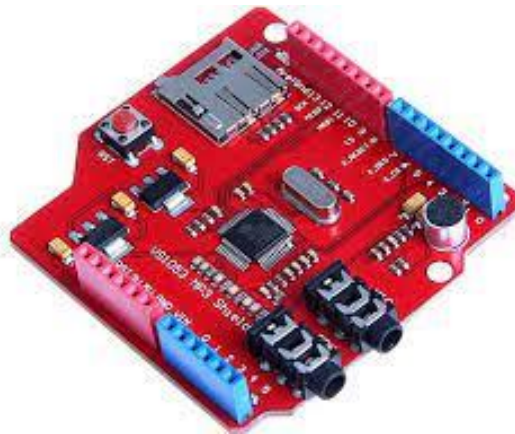


Figura 6. VS1053

- H. Investigar alternativas que se podrían tener para que el control de volumen en un reproductor de audio, tanto analógicamente como digital.

Existen diversas aplicaciones para control de volumen en dispositivos como celulares y computadoras, las cuales sirven de manera en la que modifiques los valores al gusto del usuario como es el uso del ecualizador, el cual algunos celulares no lo cuentan, pero ciertas aplicaciones te lo ofrecen esto como una alternativa a controlar el volumen dentro de un reproductor de audio.

Los automóviles hoy en día cuentan con un sistema de audio, donde gran parte está basado en el uso de pantallas táctiles esto para alterar el volumen, modificar los agudos, graves, y en algunos casos se puede modificar donde quieres que el audio se enfoque ya sea en la parte trasera, delantera, costado izquierdo, derecho u en el centro del vehículo.

Dentro del hardware se podría implementar el uso de potenciómetro esto para el control de volumen de un equipo de sonido, el uso de dos botones para incrementar o decrementar el

volumen o en el mejor caso el uso de pantallas táctiles en las cuales se podría desplegar un estilo medidor de volumen, esto para ajustarlo a tu preferencia.

I. Investigar circuitos amplificadores de audio.

Un amplificador es un elemento con un circuito electrónico que puede aumentar la intensidad de la tensión, la corriente o la potencia de una señal que se aplica en su entrada; posteriormente, la señal se recibe aumentada en la salida. El amplificador reconoce el sonido como variaciones de las corrientes eléctricas y realiza los siguientes pasos:

- El micrófono traduce el momento en señal eléctrica.
- La señal eléctrica varía para representar los cambios de ondas de sonido y compresión.
- Después con ayuda de otro dispositivo se codifica la señal eléctrica.
- Finalmente un reproductor vuelve a interpretar la señal eléctrica y usa la electricidad para mover el amplificador atrás y hacia delante. Este proceso recrea los cambios de la presión del aire captadas por el micrófono.

J. Investigar tipos de LCDs para conexión con un microcontrolador (alfanuméricos, gráficos monocromáticos, gráficos a color, OLED).

- LCD

El LCD(Liquid Crystal Display) o pantalla de cristal líquido es un dispositivo empleado para la visualización de contenidos o información de una forma gráfica, mediante caracteres, símbolos o pequeños dibujos dependiendo del modelo. Este tipo de displays se utilizan en infinidad de dispositivos debido a su bajo consumo y a que tienen una vida útil muy grande. Principalmente se usa la LCD de 16x2 o de 4x20, principalmente se tienen los siguientes pines los cuales son los que permiten el funcionamiento de este componente:

- Pines de alimentación:
 - Vss: Gnd
 - Vdd: +5 volts
 - Vee: corresponde al pin de contraste.
- Pines de control
 - RS: Corresponde al pin de selección de registro de control de datos (0) o registro de datos(1).
 - RW: Corresponde al pin de Escritura(0) o de Lectura(1).
 - E: Corresponde al pin Enable o de habilitación.
- Pines de Bus de datos
 - El Bus de datos bidireccional comprende desde los pines D0 a D7.

- Display LCD en matriz de puntos

Este es un tipo de display muy conocido por la gente que se dedica al mundo de la impresión 3D, ya que la mayoría de las impresoras incorporan uno como este. Este display es igual que

el display LCD de líneas con la diferencia que aquí no existen las líneas, todo el display es una matriz de puntos y de igual forma que en el de línea podíamos activar cualquier punto de la matriz que formaba el carácter (que era de 5x8 pixeles).

- Display OLED

Este tipo de display es muy interesante para aplicaciones donde el tamaño importa, por lo general son displays muy pequeñitos con una gran resolución y consumos muy bajos. El nombre OLED proviene del inglés "organic light-emitting diode" y tiene este nombre porque los LEDs con el que se compone la pantalla tienen componentes orgánicos que al paso de una corriente eléctrica emiten luz por sí mismos. La principal ventaja de estos displays reside en la luz que emiten, ya que al emitir luz propia son mucho más luminosos que los LCD dando un mayor contraste, además de eso tienen un consumo menor. Estos displays se encuentran formando matrices de puntos en la totalidad de su superficie y es posible encontrarlos en varios colores, incluso con la posibilidad de iluminarse en diferentes colores.

K. Investigar la manera de conectar una memoria SD a un microcontrolador: interfaz que se utiliza (con descripción de cada señal) y hardware extra necesario si el voltaje del microcontrolador es de 5 volts.

Para poder conectar la SD a un microcontrolador primero debemos de saber que se tienen 3 modos de transferencia de datos, los cuales son:

- Modo SPI: entrada separada serial y salida serial.
- Modo un-bit SD: separa comandos, canales de datos y un formato propietario de transferencia.
- Modo cuatro-bit SD: utiliza terminales extra más algunos terminales reasignados para soportar transferencias paralelas de cuatro bits.

Principalmente se usa el modo SPI debido a su alta tasa de transferencia, en el cual nos vamos a concentrar nosotros, para esto nosotros definimos 4 señales lógicas las cuales son:

- SCLK: serial clock (salida del dispositivo maestro).
- MOSI: master output, slave input (salida del dispositivo maestro).
- MISO: master input, slave output (salida del dispositivo esclavo).
- SS: Slave select (activo bajo, salida del dispositivo maestro).

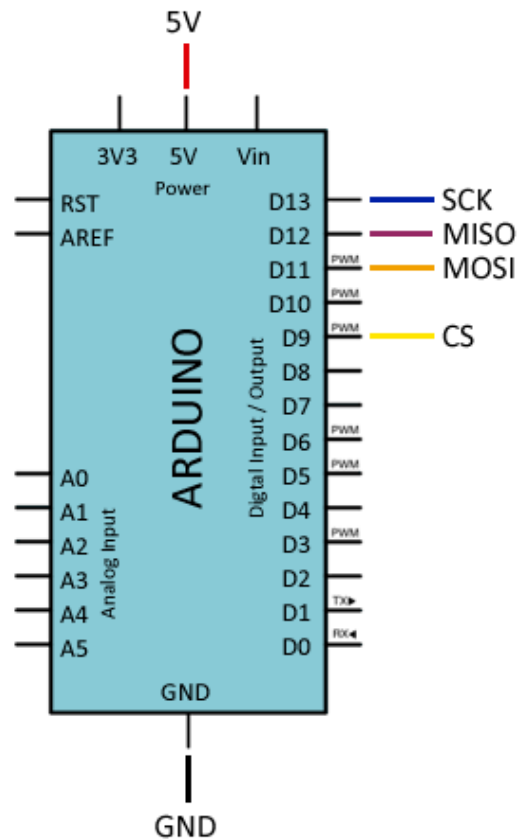


Figura 9. Diagrama eléctrico del vector de tarjetas SD para micro ATmega 328p

Ahora para la parte de las señales que se mandan para la lectura o escritura de la SD, como tenemos el protocolo SPI podemos representarlo de una manera general de esta manera.

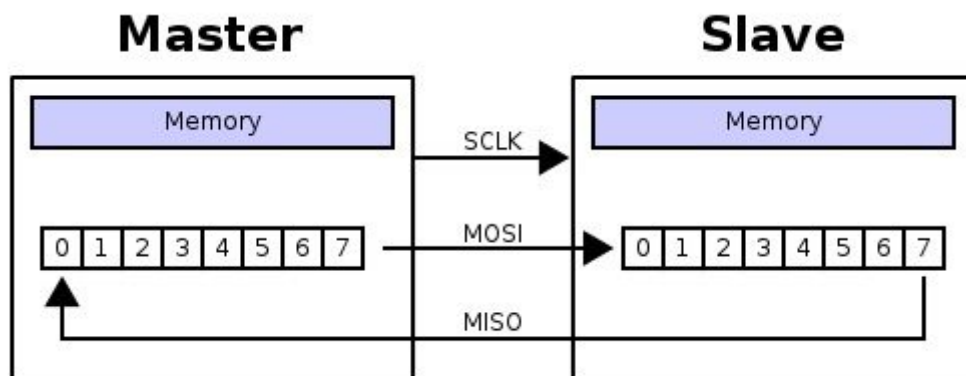


Figura #. Representación de Protocolo SPI

Dentro de este protocolo se define un maestro que será aquel dispositivo encargado de transmitir información a sus esclavos. Los esclavos serán aquellos dispositivos que se encarguen de recibir y enviar información al maestro. El maestro también puede recibir información de sus esclavos, cabe destacar. En la figura(#) donde se tienen todas estas líneas con sus respectivos registros de desplazamiento y su dirección de flujo:

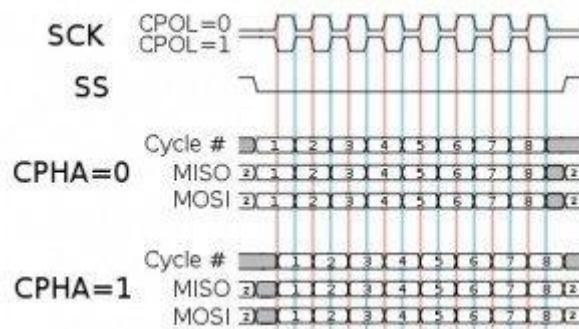


Figura 10. Diagrama de estado de Protocolo SPI

Existen cuatro modos en el cual se puede enviar información dependiendo de dos parámetros basados en la señal de reloj. El primero de ellos es la polaridad y el segundo es la fase. Al tener dos parámetros donde cada uno puede tomar dos estados se tendrá entonces cuatro modos distintos de poder llevar a cabo el proceso de transmisión y envío de información.

- Modo 0: CPOL = 0 y CPHA = 0. Modo en el cual el estado del reloj permanece en estado lógico bajo y la información se envía en cada transición de bajo a alto, es decir alto activo.
- Modo 1: CPOL = 0 y CPHA = 1. Modo en el cual el estado del reloj permanece en estado lógico bajo y la información se envía en cada transición de alto a bajo, es decir bajo activo.
- Modo 2: CPOL = 1 y CPHA = 0. Modo en el cual el estado del reloj permanece en estado lógico alto y la información se envía en cada transición de bajo a alto, es decir alto activo.
- Modo 3: CPOL = 1 y CPHA = 1. Modo en el cual el estado del reloj permanece en estado lógico alto y la información se envía en cada transición de alto a bajo, es decir bajo activo.

- L. Revisar el siguiente proyecto: <http://elm-chan.org/works/sd8p/report.html> y hacer un resumen de lo que hace.

El proyecto es un reproductor de audio SD con un microcontrolador de 8 pines. Específicamente el microcontrolador AVR de 8 pines de la serie ATtinyX5 (25/45/85), tiene dos salidas PWM rápidas en una frecuencia portadora de 250 kHz. Esto permite emitir una señal de audio de amplio rango de frecuencia. El autor construyó el reproductor de audio con el AVR de 8 pines y una tarjeta de memoria SD (SDC). El SDC se puede controlar con solo seis líneas, dos para alimentación y cuatro para señales de control. También se puede conectar fácilmente a otros microcontroladores de igual cantidad de pines. La principal aplicación del AVR parece SMPS (Switched Mode Power Supplies) o fuente conmutada y relacionada según sus periféricos integrados.

M. Hacer una investigación del costo de un reproductor de música realizado con diferentes tecnologías (al menos 4) como por ejemplo:

a. Microcontrolador de 8 bits, SD y un LCD Alfanumérico

Producto	Precio
Microcontrolador de 8 bits	aprox. 3.29 dólares = 65.68 pesos mexicanos
SD de 16gb	aprox. 7.51 dólares = 150 pesos mexicanos
LCD Alfanumerico (16x2)	aprox. 2.60 dólares = 52 pesos mexicanos

Total = 13.4 dólares ó 267.68 pesos mexicanos

b. Microcontrolador de 8 bits, SD y un LCD Gráfico

Producto	Precio
Microcontrolador de 8 bits	aprox. 3.29 dólares = 65.68 pesos mexicanos
SD de 32gb	aprox. 10.02 dólares = 200 pesos mexicanos
LCD Gráfico	aprox. 43.10 dólares = 857.76 pesos mexicanos

Total = 56.41 dólares ó 1,123.44 pesos mexicanos

c. Microcontrolador de 8 bits, SD, decodificador de MP3 y un LCD Gráfico

Producto	Precio
Microcontrolador de 8 bits	aprox. 3.29 dólares = 65.68 pesos mexicanos
SD de 32gb	aprox. 10.02 dólares = 200 pesos mexicanos
LCD Gráfico	aprox. 43.10 dólares = 857.76 pesos mexicanos
Decodificador de MP3	aprox. 2.86 dólares = 56.87 pesos mexicanos

Total = 59.27 dólares ó 1,180.31 pesos mexicanos

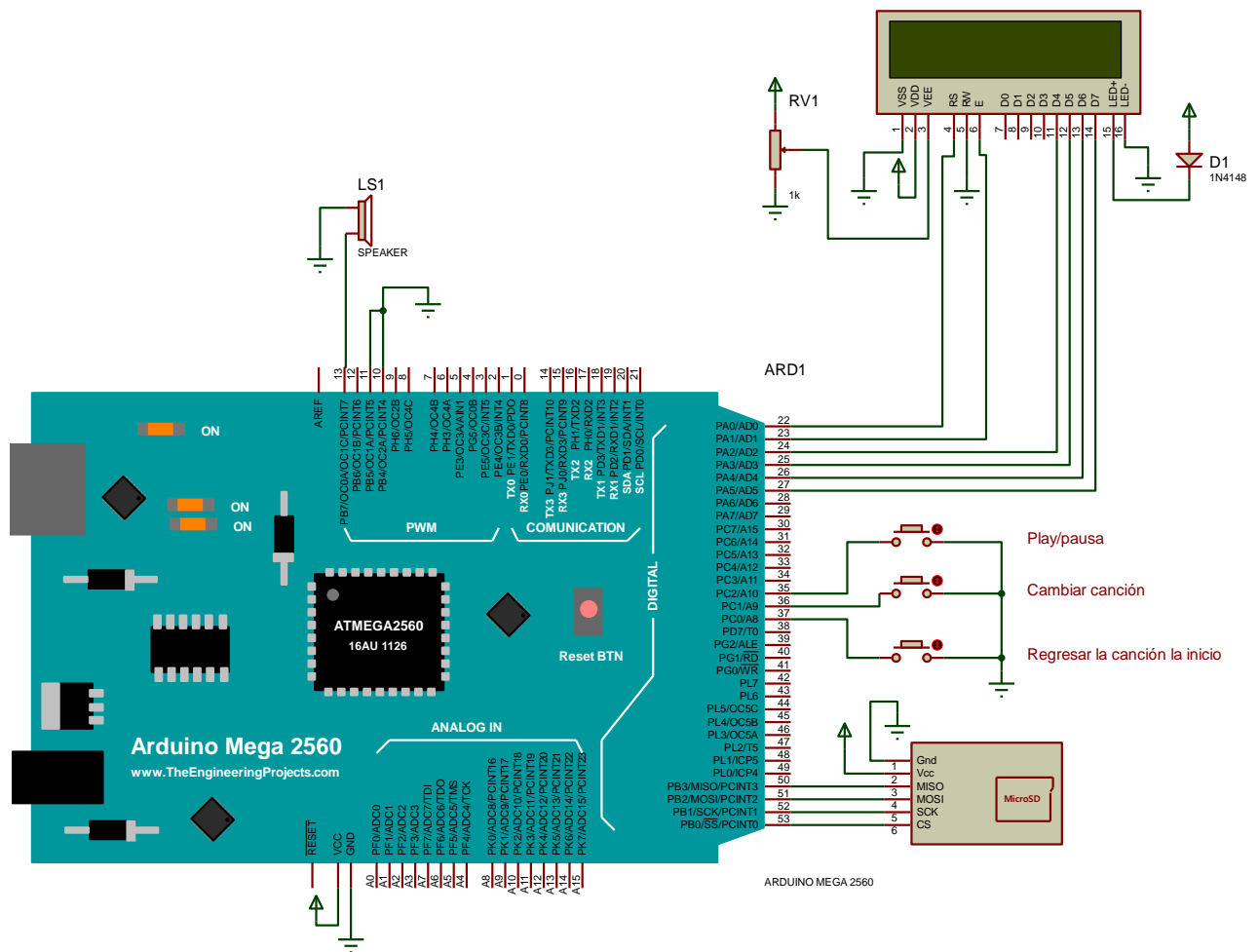
d. Raspberry y un LCD gráfico

Producto	Precio
Raspberry Pi 4B (2gb RAM)	aprox. 50.48 dólares = 1005.17 pesos mexicanos
LCD Gráfico	aprox. 43.10 dólares = 857.76 pesos mexicanos

Total = 93.58 dólares ó 1,862.93 pesos mexicanos

N. Propuesta del sistema que se desarrollar en esta unidad de formación

Cómo propuesta a elaborar en esta unidad se tiene pensado implementar un arduino mega esto para usar el ATmega 2560, implementado la pantalla LCD esto para desplegar nombre de la canción, artista, álbum y año, lector de microSD para tener la lectura de las canciones, 3 botones los cuales servirán para siguiente canción, pausa/continuar , canción regresar la canción al inicio, una bocina para escuchar la canción.



Bibliografía:

- Arossini. PIC 18F4550 con tarjeta SD de 2 Gb. Ladelec.com. Retrieved 2 June 2021, from <http://www.ladelec.com/circuitos/de-arossini/254-pic-18f4550-con-tarjeta-sd-de-2-gb>.
- Aulart. (2021). ¿Qué es la compresión y cómo usarla?. Retrieved 2 June 2021, from <https://www.aulart.com/es/que-es-la-compresion-y-como-usarla/>
- Diosdado, R. (2021). Zona Maker - Tipos de LCD para Arduino. Zonamaker.com. Retrieved 1 June 2021, from <https://www.zonamaker.com/arduino/modulos-sensores-y-shields/tipos-de-lcd-para-arduino>.
- ELM. (2012). Simple SD Audio Player with an 8-pin IC. Retrieved 2 June 2021, from <http://elm-chan.org/works/sd8p/report.html>
- García, A. (2014). ¿Cómo funciona el protocolo SPI? | Panama Hitek. Panama Hitek. Retrieved 2 June 2021, from <http://panamahitek.com/como-funciona-el-protocolo-spi/>.
- Google. (2021). Audio doble mono - Ayuda de Movies and TV Partner. Retrieved 2 June 2021, from <https://support.google.com/moviestvpartners/answer/7454328?hl=es-419>
- IBM. (2021). IBM Cloud Docs. Retrieved 2 June 2021, from <https://cloud.ibm.com/docs/speech-to-text?topic=speech-to-text-audio-formats&locale=es>
- Llamas, L. (2016). Leer y escribir en una tarjeta SD o micro SD con Arduino. Luis Llamas. Retrieved 2 June 2021, from <https://www.luisllamas.es/tarjeta-micro-sd-arduino/>.
- Mercado Libre. (2021). Display Lcd Pantalla 16x2 1602a Fondo Azul Arduino Pic. Retrieved 2 June 2021, from <https://bit.ly/3wJJdVE>
- Mecafenix, I. (2021). Tutorial lcd con microcontrolador pic - Ingeniería Mecafenix. Ingeniería Mecafenix. Retrieved 1 June 2021, from <https://www.ingmecafenix.com/electronica/tutorial-lcd-microcontrolador-pic/>.
- Newark. (2021). Microcontrolador de 8 bits. Retrieved 2 June 2021, from <https://mexico.newark.com/microchip/pic16f886-i-sp/microcontroller-mcu-8-bit-pic16/dp/74K8577>
- Raspberry Pi. (2021). Retrieved 2 June 2021, from <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/>
- Rodríguez, J. (2021). AMPLIFICADOR (de audio) | Partes, para qué sirve y cómo funciona. Retrieved 19 June 2021, from <https://como-funciona.co/un-amplificador/>
- Xiph. The Ogg container format. (2021). Retrieved 2 June 2021, from <https://www.xiph.org/ogg/>
- CulturaSonor. (2020). ¿Qué es un DAC? Todo sobre los Convertidor de Audio Digital a Analógico. Retrieved 4 June 2021, from [¿Qué es un DAC? Guía sobre los convertidores digitales analógicos \(culturasonor.es\)](https://www.culturasonor.es/que-es-un-dac-guia-sobre-los-convertidores-digitales-analogicos)

- Revista CEC. (2020). Convertidor Digital Analógico (DAC). Retrieved 4 June 2021, from [Convertidor Digital Analógico \(DAC\) \(revistacec.com\)](http://revistacec.com)