

Pràctica 7: Buses de Comunicació III (I2S)

1. Objectius

- Entendre el funcionament del protocol de comunicació I2S.
 - Implementar la reproducció de so digital:
 - Des de la memòria interna de l'ESP32.
 - Des d'una targeta SD externa.
 - Familiaritzar-se amb el funcionament del DAC extern **MAX98357A**.
-

2. Introducció Teòrica

El protocol **I2S (Inter-IC Sound)** és un sistema de comunicació sèrie dissenyat específicament per a la transmissió d'àudio digital entre dispositius com microcontroladors, DACs, ADCs i amplificadors. Desenvolupat per **Philips** el 1986, utilitza tres línies bàsiques:

- **BCLK (Bit Clock)**: Sincronitza la transmissió de bits.
- **WS (Word Select)**: Indica si el bit actual és del canal esquerre o dret.
- **SD (Serial Data)**: Transporta les dades d'àudio.

El **MAX98357A** és un mòdul que incorpora un convertidor digital-analògic (DAC) i un amplificador de potència classe D, ideal per convertir senyals I2S en so auditiu real.

3. Exercici Pràctic 1: Reproducció de to de 440 Hz des de la memòria interna

3.1 Connexions

- **ESP32-S3 → MAX98357A:**
 - **BCLK**: GPIO 18

- **LRCLK (WS):** GPIO 15
- **DOUT (DIN):** GPIO 21
- **Sortida de so:** Altaveu connectat al mòdul MAX98357A.

3.2 Descripció del Codi

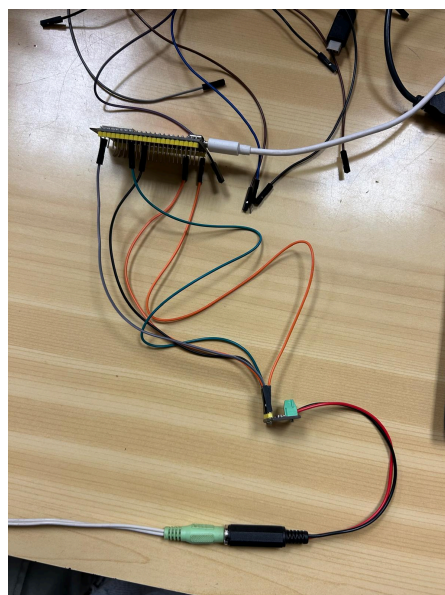
- El codi inicialitza l'I2S amb `setupI2S()` i estableix els paràmetres de transmissió: 44.1 kHz, 16 bits, canal mono.
- Es genera una ona sinusoidal de 440 Hz (to "La") amb una amplitud moderada.
- Es crea un buffer de 512 mostres que s'envia contínuament mitjançant I2S cap al mòdul DAC.

3.3 Funcionament

El microcontrolador genera una ona sinusoidal a 440 Hz que es transmet digitalment per I2S. El **MAX98357A** la converteix en senyal analògica i l'amplifica per poder ser reproduïda per l'altaveu.

```
wrote 282640 bytes (159005 compressed) at 0x00010000 in 3.7 seconds (effective 618.0 kbit/s)...
Hash of data verified.

Leaving...
Hard resetting via RTS pin...
--- Terminal on COM6 | 115200 8-N-1
--- Available filters and text transformations: colorize, debug, default, direct, esp32_exception_decoder, hexlify, log2file, nocontrol, printable, send_on_enter, time
--- More details at https://bit.ly/pio-monitor-filters
--- Quit: Ctrl+C | Menu: Ctrl+T | Help: Ctrl+T followed by Ctrl+H
```



4. Exercici Pràctic 2: Reproducció d'un fitxer MP3 des de la targeta SD

4.1 Connexions

- **ESP32-S3 → Lectura targeta SD:**
 - **CS:** GPIO 10
 - **MOSI:** GPIO 11
 - **MISO:** GPIO 13
 - **SCK:** GPIO 12
- **ESP32-S3 → MAX98357A:**
 - **BCLK:** GPIO 18
 - **LRCLK:** GPIO 15
 - **DOUT:** GPIO 21

4.2 Descripció del Codi

- Es configuren els perifèrics SPI i I2S.

Amb la llibreria `ESP32-audioI2S`, es llegeix un fitxer MP3 emmagatzemat a la SD:

```
audio.setPinout(18, 15, 21);  
audio.setVolume(12);  
audio.connecttoFS(SD, "/nomfitxer.mp3");
```

- El bucle principal manté la reproducció activa amb `audio.loop();`.

4.3 Funcionament

L'ESP32 llegeix un fitxer MP3 des de la SD i envia les dades digitals per I2S. El **MAX98357A** s'encarrega de convertir i amplificar la senyal perquè soni correctament per l'altaveu.

5. Conclusions

- El protocol **I2S** permet una transmissió eficient i de qualitat d'àudio digital.
- El **ESP32** és molt adequat per a tasques d'àudio gràcies a la seva compatibilitat nativa amb I2S.
- El mòdul **MAX98357A** és una solució compacta que integra DAC i amplificador, simplificant el muntatge.
- Hem pogut reproduir àudio des de memòria interna (generant-lo en temps real) i des de memòria externa (fitxer MP3 a la SD), demostrant el coneixement i aplicació del protocol I2S.