

Informe Pràctica 7: Buses de comunicació III (I2S)

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-nos amb el funcionament del DAC extern MAX98357A.

Introducció teòrica

El **bus I2S** (Inter-IC Sound) és un protocol sèrie per a la transmissió de dades d'àudio digitals entre dispositius. Va ser desenvolupat per Philips el 1986 i és àmpliament utilitzat per a connectar microcontroladors amb DACs, ADCs o amplificadors digitals.

El protocol utilitza 3 línies:

- **BCLK** (Bit Clock): sincronitza la transmissió de bits.
- **WS** (Word Select): indica si el bit actual correspon al canal esquerre o dret.
- **SD** (Serial Data): transporta les dades d'àudio.

El microcontrolador **ESP32** resulta ideal per a projectes d'àudio amb I2S, ja que suporta nativament aquest protocol i té una alta capacitat de processament.

Per convertir les dades digitals en un senyal analògic audible, utilitzem el **MAX98357A**, que integra un DAC de 16-32 bits i un amplificador de potència classe D.

Exercici pràctic 1: Generació de to de 440 Hz des de memòria interna

Connexions

- ESP32 connectat a placa MAX98357A:
 - BCLK (GPIO 18)
 - LRCLK (GPIO 15)
 - DOUT (GPIO 21)
- Sortida de l'amplificador connectada a un altaveu.

Descripció del codi

El codi configura l'I2S i genera una ona sinusoidal de 440 Hz ("to La"):

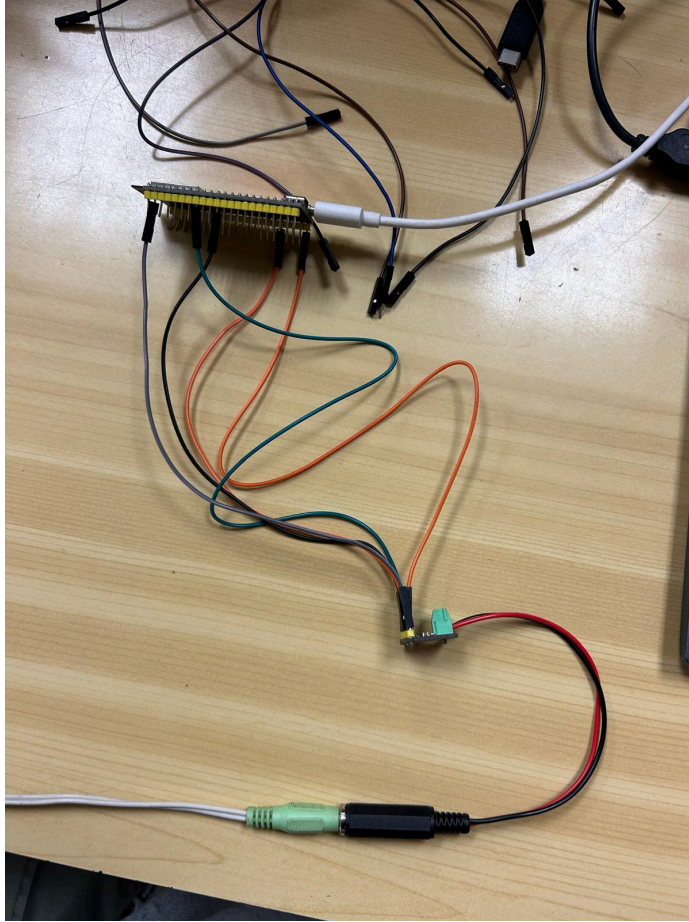
- `setupI2S()`: Inicialitza el perifèric I2S en mode transmissió, a 44.1 kHz, 16 bits, canal esquerre.
- `loopTone440Hz()`:
 - Calcula valors de l'ona sinusoidal amb una amplitud moderada.
 - Omple un buffer de 512 mostres i l'envia contínuament a través d'I2S.

Resultats i sortida per port sèrie

```
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
```

Muntatge:



Explicació de funcionament

El microcontrolador genera una ona sinusoïdal de 440 Hz calculada matemàticament, l'envia per I2S cap al MAX98357A, que la converteix a senyal analògic i l'amplifica perquè pugui sonar a l'altaveu.

Exercici pràctic 2: Reproducció d'un arxiu MP3 des de targeta SD

Connexions

- ESP32 connectat a:
 - Lectura de targeta SD (CS: GPIO 10, MOSI: GPIO 11, MISO: GPIO 13, SCK: GPIO 12).
 - Mòdul MAX98357A:
 - BCLK (GPIO 18)
 - LRCLK (GPIO 15)
 - DOUT (GPIO 21)

Descripció del codi

El codi inicialitza la targeta SD, configura l'I2S i reproduceix un arxiu MP3:

- Inicialització SPI i SD.
- `audio.setPinout()`: Assigna els pins d'I2S.
- `audio.setVolume(12)`: Configura el volum (0–21).
- `audio.connecttoFS(SD, "/fat-kick-drumloop-99bpm-141016.mp3")`: Carrega l'arxiu MP3.
- `audio.loop()`: Funciona contínuament mantenint la reproducció.

Explicació de funcionament

L'ESP32 llegeix un fitxer MP3 des d'una targeta SD, envia les dades via I2S al MAX98357A, que converteix i amplifica el so, fent possible escoltar-lo a través de l'altaveu.

Conclusions

- El protocol **I2S** permet la transmissió d'àudio digital d'alta qualitat amb pèrdues mínimes.
- L'**ESP32** és ideal per a aplicacions d'àudio gràcies a la seva compatibilitat amb I2S i la seva potència de càlcul.
- El **MAX98357A** simplifica el disseny del sistema proporcionant DAC i amplificació en un sol mòdul.
- La pràctica ha permès reproduir àudio tant des de **memòria interna** com des de **memòria externa (SD)** de manera satisfactòria.