SP1 Mk2 (ESP32-S3) — Documentación Técnica Ampliada

# 1. Introducción General

El SP1 Mk2 es un controlador MIDI modular avanzado, desarrollado sobre un microcontrolador ESP32-S3. Está diseñado como núcleo lógico del sistema SP1, gestionando pantallas OLED, navegación por menús, presets en tarjeta SD, un secuenciador de pasos editable y sincronización externa por MIDI Clock (DIN y USB).

# 2. Arquitectura del Sistema

El sistema está compuesto por dos módulos principales: el SP1 Mk2 (ESP32-S3) como cerebro central, y el SP1 Mk1 (Arduino Micro) como esclavo multiplexador que gestiona los 108 controles físicos.  
La comunicación se realiza vía UART a 31250 bps, y el Mk2 también actúa como dispositivo USB MIDI estándar.

Flujo general:  
- SP1 Mk1 → Envía cambios de control al Mk2 vía UART (#MUX, #CC, #VAL)  
- SP1 Mk2 → Interpreta los datos, actualiza interfaz OLED, y reenvía por USB MIDI  
- Usuario → Navega menús, ajusta parámetros, guarda/carga presets desde SD

# 3. Menús y Navegación OLED

El sistema visual está dividido en 3 zonas: superior, central e inferior. Cada pantalla OLED tiene 5 líneas configurables por menú. La navegación se realiza con un encoder rotatorio con clic.

Pantallas implementadas:  
- Inicio / Test / Standby (transición automática)  
- CONTROL (último control recibido)  
- PRESETS: LOAD / SAVE / DELETE  
- CONFIG: ajustes globales como MIDI Thru, Sync, Mute, etc.  
- SEQUENCER: edición de pasos, tempo, longitud, modo mono, canal

# 4. Funcionalidad del Secuenciador

El módulo secuenciador gestiona hasta 4 pistas paralelas, con matrices de pasos configurables:

- `Step secuencia[NUM\_SEQUENCERS][MAX\_STEPS\_CONFIGURABLE]`  
Cada `Step` contiene: activo, nota, velocidad, inicio, duración.

La reproducción se realiza por `avanzarPaso()` o `avanzarSecuencia()` y permite muteo, legato, sustain, modo mono y polifónico. Se controlan notas reales por USB y UART MIDI.

# 5. Sincronización Externa MIDI Clock

El firmware detecta mensajes `0xF8` de MIDI Clock por USB y UART. Cuando está activo `bpmSyncEnabled`, los pasos avanzan en función de `midiClockTicks`, que se incrementa con cada `0xF8`.   
El número de ticks necesarios por paso (`ticksPorStep`) es actualmente fijo, pero puede ampliarse vía menú.

Se planea compatibilidad futura con `0xFA`, `0xFB` y `0xFC` para integración con DAWs como Ableton, Bitwig y FL Studio.

# 6. Presets y Almacenamiento SD

Dos carpetas gestionan los presets:  
- `/Presets Surface/` → Mapa físico de controles (cc, canal, valor)  
- `/Presets Seq/` → Contenido completo del secuenciador por pasos  
Los archivos `.csv` permiten edición externa y carga automática al inicio.

Desde el menú PRESETS, se permite: seleccionar acción (LOAD / SAVE / DELETE), elegir nombre de preset, y confirmar (OK / CANCEL).

# 7. Variables Globales

- `estadoTempo` → BPM manual cuando no se sincroniza por MIDI Clock  
  
- `bpmSyncEnabled` → Flag de activación de modo clock externo  
  
- `midiClockTicks` → Contador de 0xF8  
  
- `muteSequencerNotes` → Silencia el secuenciador sin apagar su lógica  
  
- `secuenciaTecladoLinkeada` → Dispara secuencia con teclado  
  
- `porcentajeLegato`, `porcentajeSustain` → Afectan duración de las notas  
  
- `secuenciadorGlobalActivo` → Pausar/reanudar secuencia

# 8. Componentes de Hardware y Pines

| Nombre lógico | GPIO | Función |  
|--------------------|------|--------------------------|  
| MIDI\_UART\_TX | 14 | Salida MIDI DIN |  
| MIDI\_UART\_RX | 13 | Entrada MIDI DIN |  
| ENCODER\_A\_PIN | 34 | Encoder menú A |  
| ENCODER\_B\_PIN | 35 | Encoder menú B |  
| ENCODER\_BUTTON\_PIN | 36 | Botón encoder |  
| OLED\_CS | 5 | Chip select OLED |  
| OLED\_DC | 16 | OLED D/C |  
| OLED\_RST | 17 | OLED Reset |  
| SD\_CS | 10 | Chip select tarjeta SD |

# 9. Estructura Modular del Código

- `FIRMWARE\_SP1\_Mk2\_ESP32S3.ino`: ciclo principal, llamadas globales  
  
- `hardware\_config.h`: definición de pines y constantes  
  
- `pantalla\_inicio.\*`: animación de arranque  
  
- `pantalla\_unica.\*`: interfaz principal OLED  
  
- `pantalla\_navegacion.\*`: transiciones y navegación  
  
- `menu\_unico.\*`: lógica de menús por zonas  
  
- `secuenciador.\*`: reproducción, sincronía, presets  
  
- `configuracion.\*`: variables globales y EEPROM  
  
- `controles.\*`: gestión física, comunicación UART

# 10. Futuras Ampliaciones

- Configuración de `ticksPorStep` desde menú CONFIG  
  
- Guardado de BPM, mute, mono, canal en preset `.csv`  
  
- Sincronización visual con DAW en OLED (barras, compás)  
  
- Soporte para `START`, `STOP`, `CONTINUE` por MIDI Clock  
  
- Presets globales de configuración