Ingeniería inversa a pantallas LCD

Alejandro Oquendo

April 22, 2023

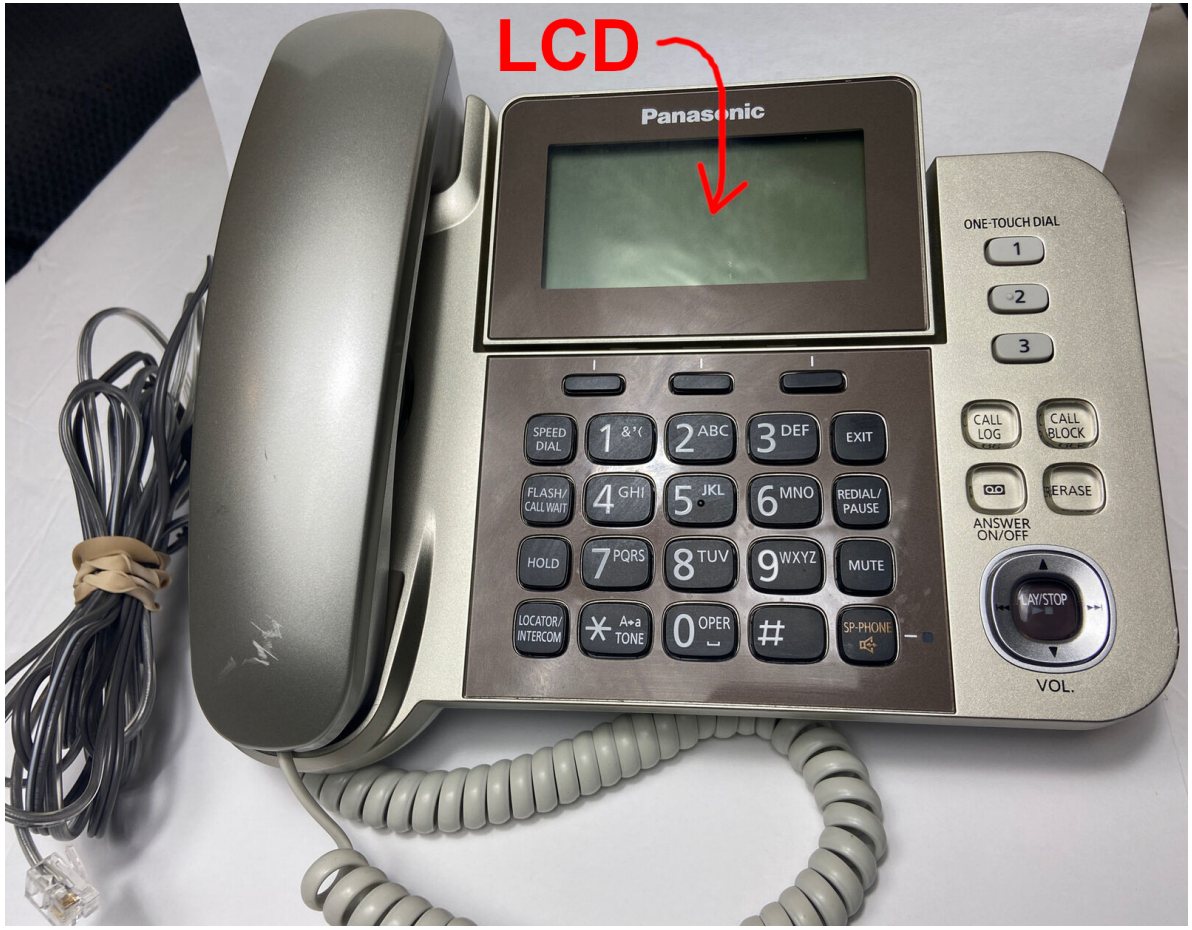
Introducción

- "La ingeniería inversa es el proceso llevado a cabo con el objetivo de obtener información o un diseño a partir de un producto, con el fin de determinar cuáles son sus componentes y de qué manera interactúan entre sí y cuál fue el proceso de fabricación."
- "Una pantalla de cristal líquido o LCD (sigla del inglés liquid-crystal display) es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora."
- Esta charla habla acerca del proceso que se hizo para poder controlar un LCD desde una placa compatible con Arduino
- No se tienen ningún dato acerca de como funciona el LCD, esto es tomado como un reto
- Esta presentación estuvo a punto de no ser realizada

Propósito

- Aprender nuevas maneras de ver las cosas
- Reutilizar componentes electrónicos de alguna manera iban a ser desechados
- Desarrollar nuevas habilidades
- Un LCD es un solo un tipo de componente de la infinidad de componentes que se pueden aprovechar

Fuente de componentes



Fuente de componentes

- Teléfono que no le funcionaba el teclado
- Pantalla LCD de matriz de puntos

Análisis de placa

- PCB de teclado roto, se podía reparar pero utilizar la pantalla tiene mas valor en mi caso
- Pantalla LCD con un conector de 8 pines
- Algo parecido a un SoC para controlar el funcionamiento del teléfono

Análisis de LCD

- La pantalla mostraba un modelo, pero despues de buscar no se encontraron ninguna especificación
- Tiene luz de fondo, pixels oscuros, monocromático
- Cable flex con 9 pines conectado a la placa principal

Averiguar el pinout

- Normalmente se tienen 2 pines de alimentación: VCC y GND
- En este caso se tiene un pin extra para alimentación de backlight
- El resto de pines eran 5, que debían ser de datos

Averiguar el tipo de bus de datos

- Las pantallas LCD tienen distintos tipos de buses de datos
- Estos pueden ser paralelos o seriales
- En este caso podría ser uno de tipo serial por la cantidad reducida de pines (5)

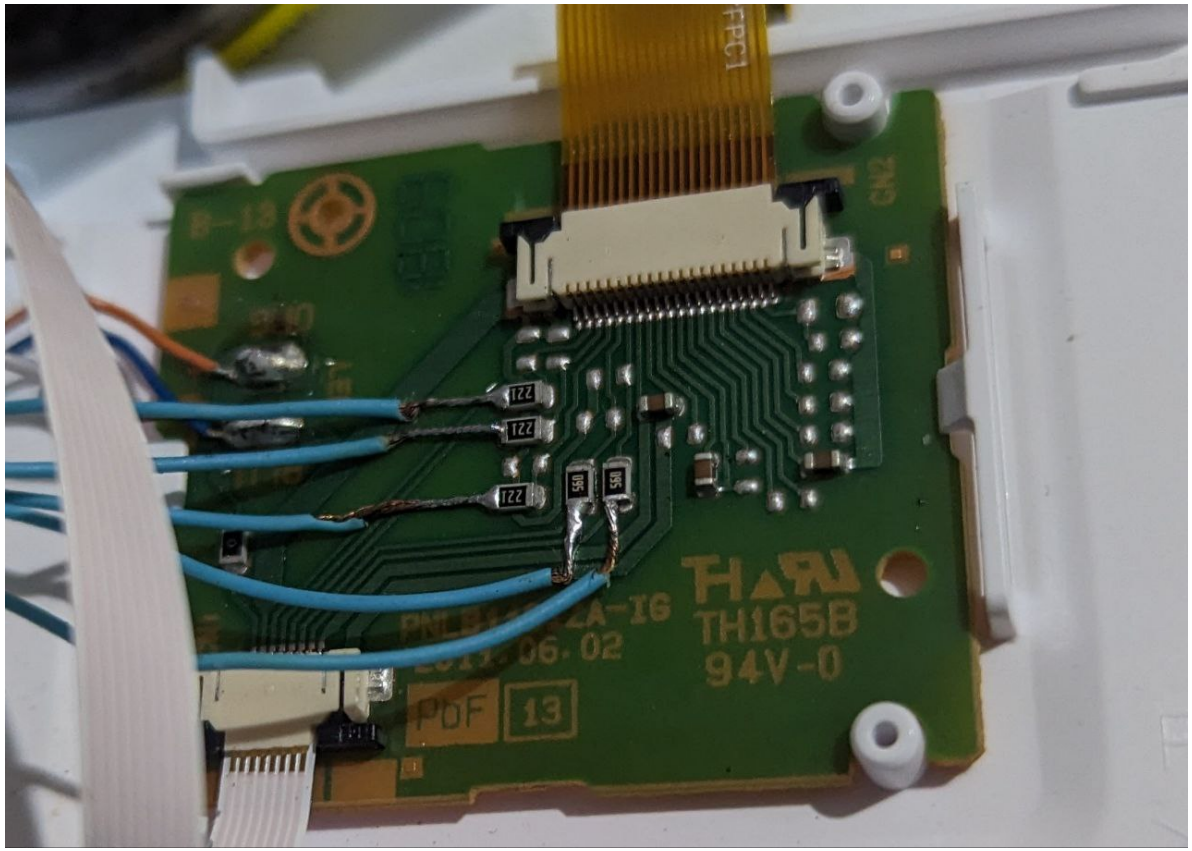
Averiguar el tipo de bus de datos

- Para confirmar se podría hacer un análisis de como está conectado este bus con los demás componentes
- Utilizando un multímetro se evidencia que solo existe una conexión directa entre el LCD y el SoC
- Entonces se podría descartar que use I^2C o SPI

Averiguar el tipo de bus de datos

- Para averiguar mas detalles se necesita analizar los datos que circulan por esos 5 pines
- Se decidió conectar un analizador lógico al bus (Saleae)
- Los pines son muy delgados, entonces se suelda en los terminales de unas resistencias SMD

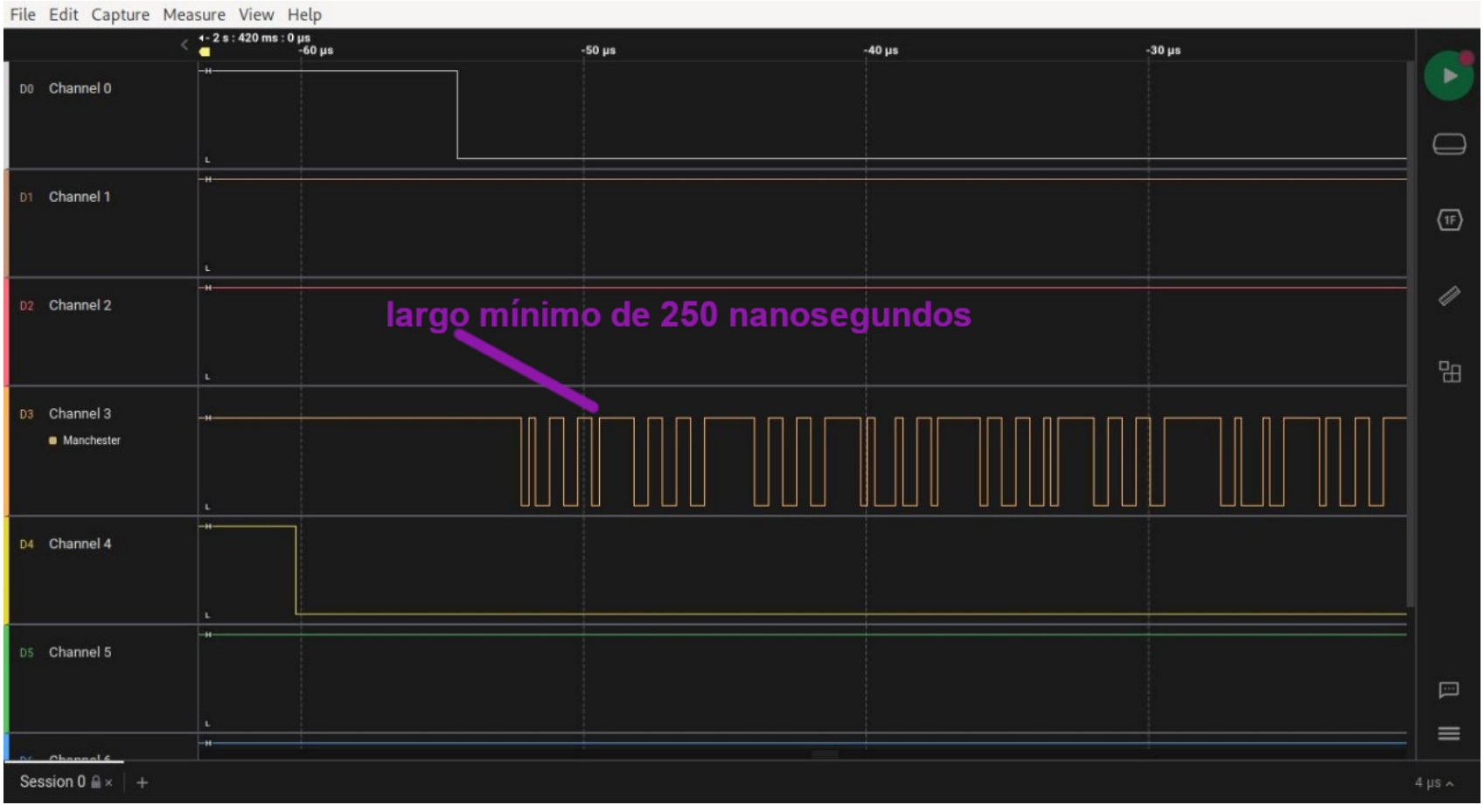
Conexión a bus de datos



Captura de datos

- Una vez teniendo conectado el bus al analizador lógico, este se conecta al puerto USB
- Se inicia el software Logic de Saleae con un trigger en uno de los pines para que inicie la captura
- Se enciende el teléfono para que empiece el proceso

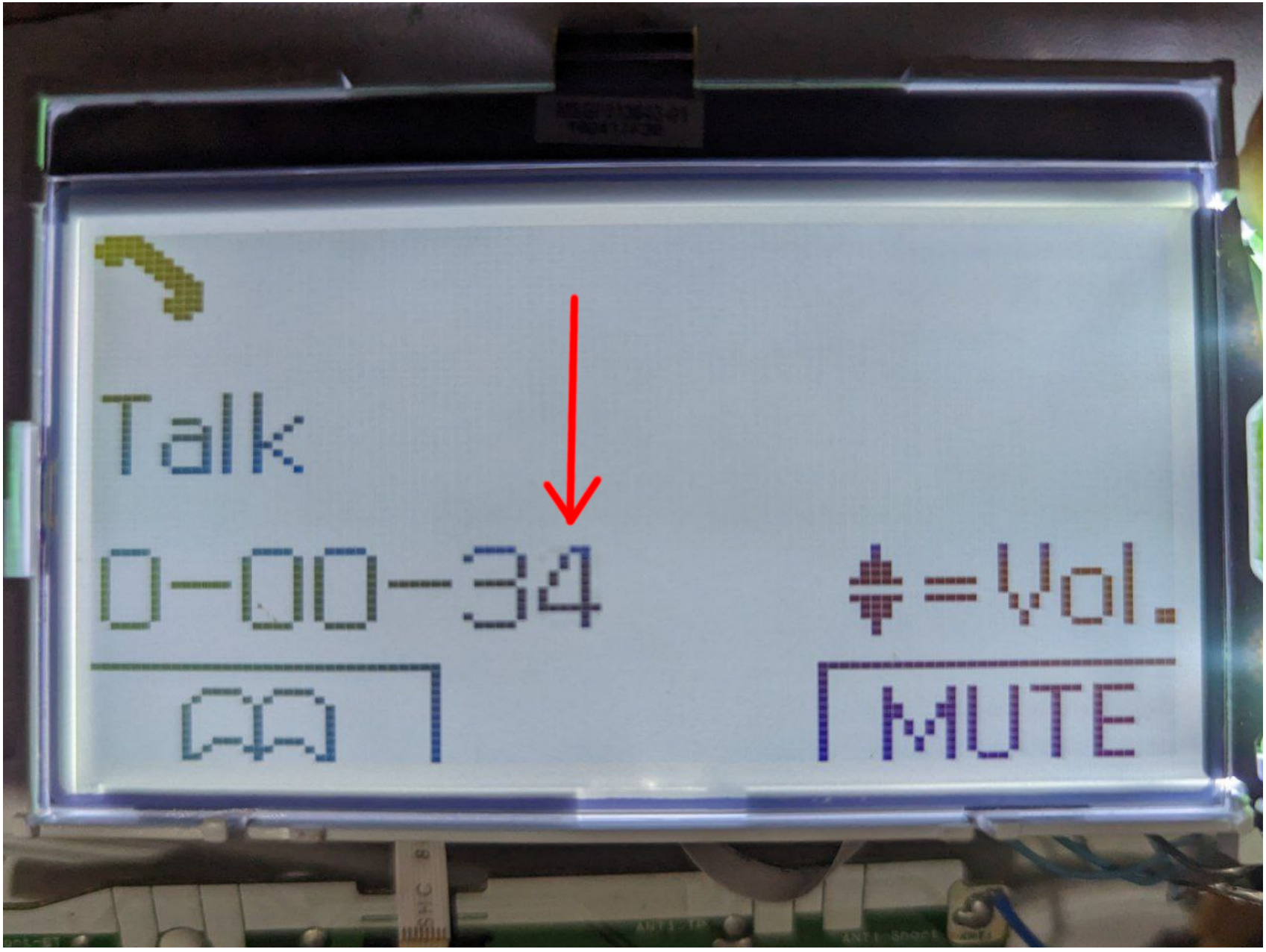
Primera captura en Logic



Análisis de primera captura

- Se observa un ancho de pulso minimo de 250 nanosegundos
- De la captura, de aproximandamente 5 segundos, se observa que al final existe un grupo de datos cada 1 segundo
- Esto corresponde a un timer que muestra el teléfono cuando esta descolgado

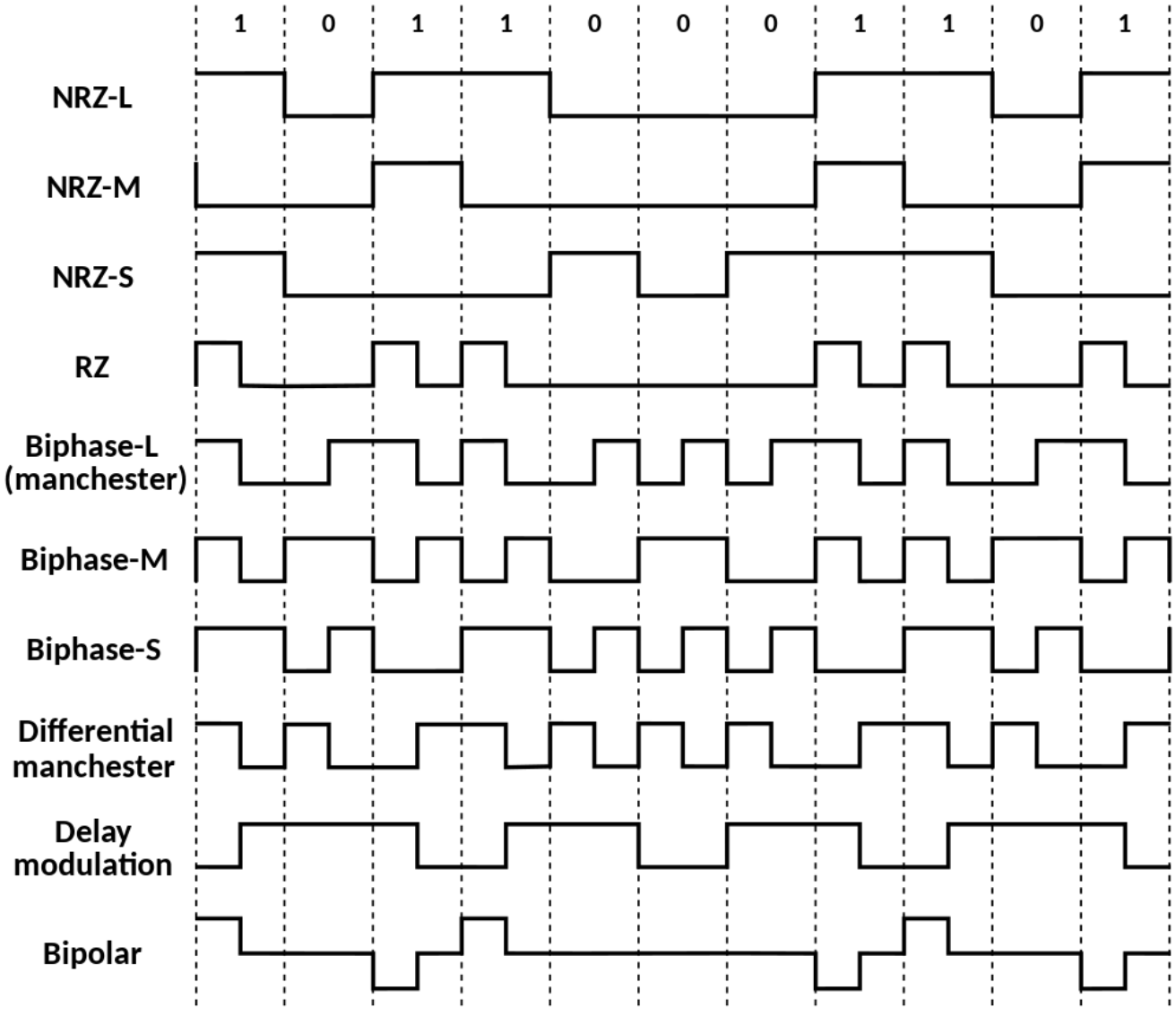
Timer



Análisis de primera captura

- El canal 3 parece ser de datos
- Normalmente los primeros datos en ser enviados son los de configuración del LCD
- Los datos mandados cada segundo son directamente datos de los pixeles, entonces convendría concentrarse en estos
- El problema con esta captura es que no se tiene un clock, entonces tal vez podría ser el bus no cumple con un estandar conocido
- Se intentó usar una codificación conocida, la que mas coincidia era la Manchester

Line codes


1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1
NRZ-L
NRZ-M
NRZ-S
RZ
Biphase-L (manchester)
Biphase-M
Biphase-S
Differential manchester
Delay modulation
Bipolar

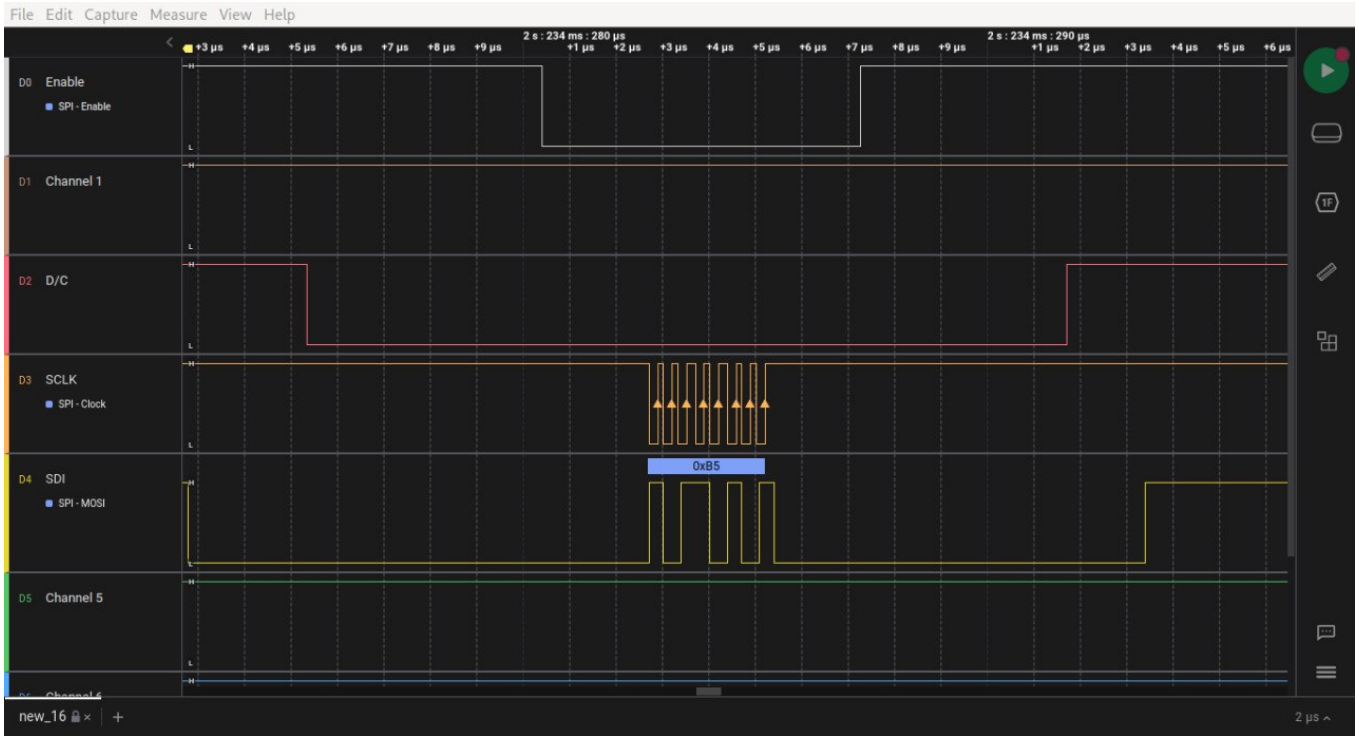
Análisis de primera captura

- Se exportó los datos a un .csv para comparar los datos de pixeles
- Se encontraron muchas diferencias, en teoría solo deberían haber diferencias de unos pixeles
- No había orden establecido, algo estaba fallando en la captura
- Despues de varios días de revisar la captura, se descubrió que la velocidad de captura no era sufiente

Segunda captura de datos

- El analizador lógico permite capturar datos a más velocidad, pero menos cantidad de tiempo
- Lo primero que se nota es que el canal 3 en realidad es el clock
- El canal 4 posiblemente es de datos
- Los otros canales son posiblemente de control

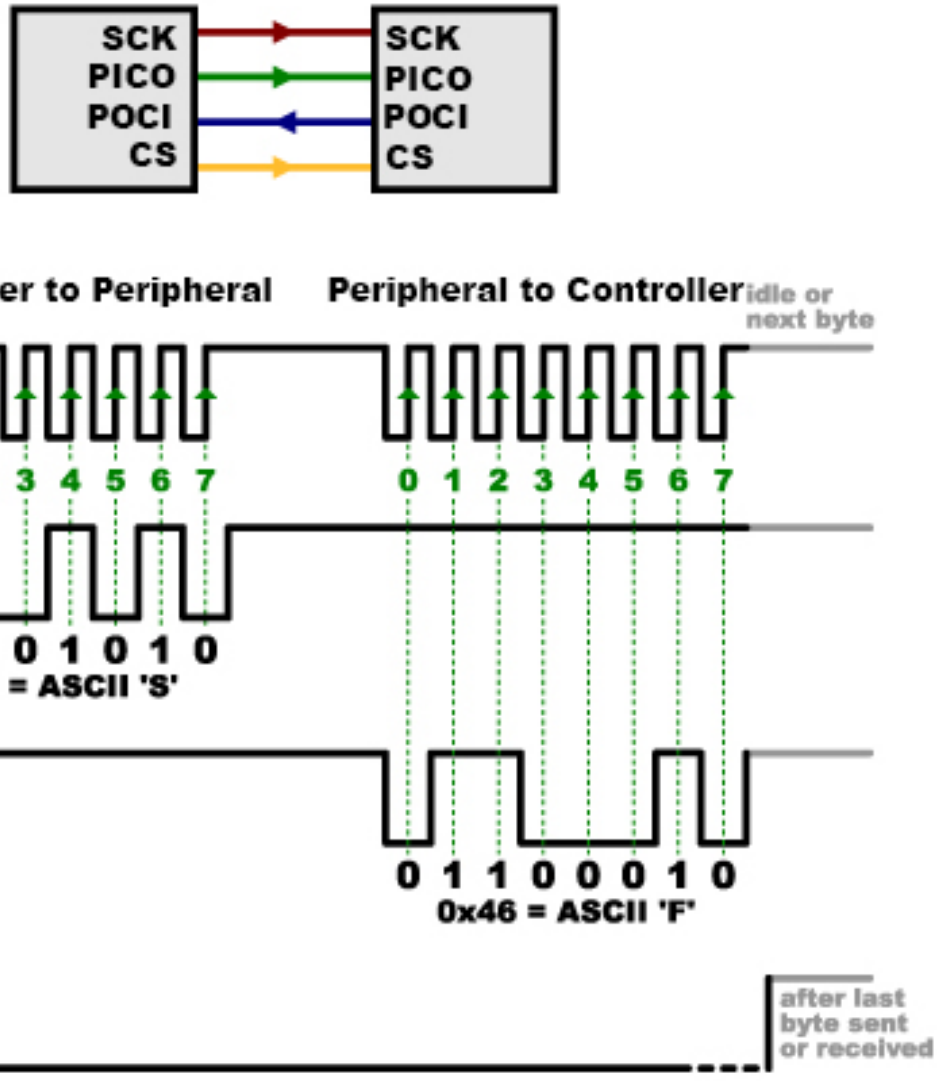
Canales identificados



Análisis de la segunda captura

- Se nota que el canal 3 y 4 posiblemente cumplen con el protocolo SPI
- Se hace una revisión de SPI, si corresponden los otros canales
- Se configura Logic para que decodifique los datos
- Luego de varios intentos se logra hacer la decodificación y es posible exportar los datos decodificados
- Se hace una comparación entre los datos de pixeles, se nota que existe cierto orden y algunos datos coinciden

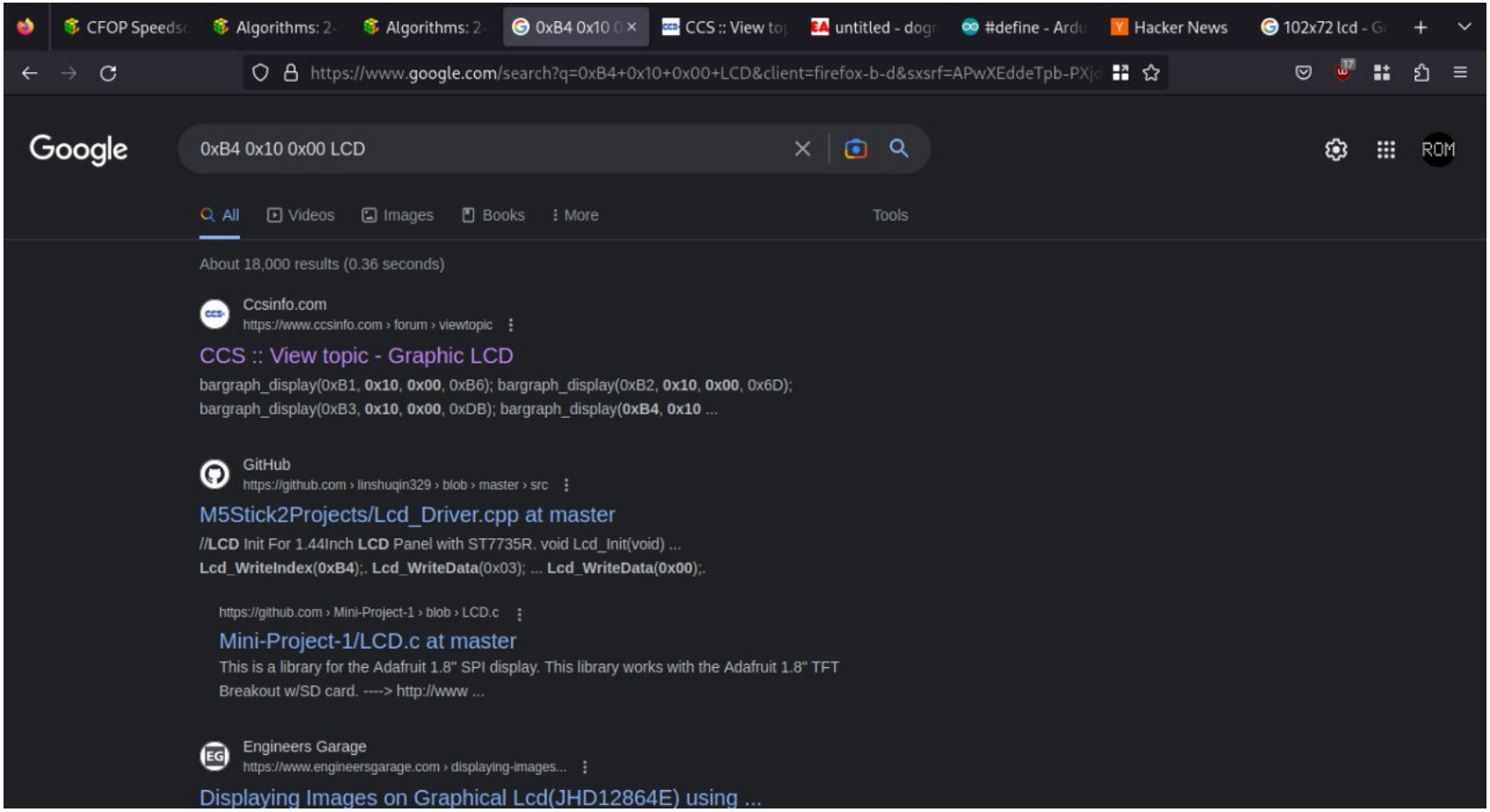
Protocolo SPI



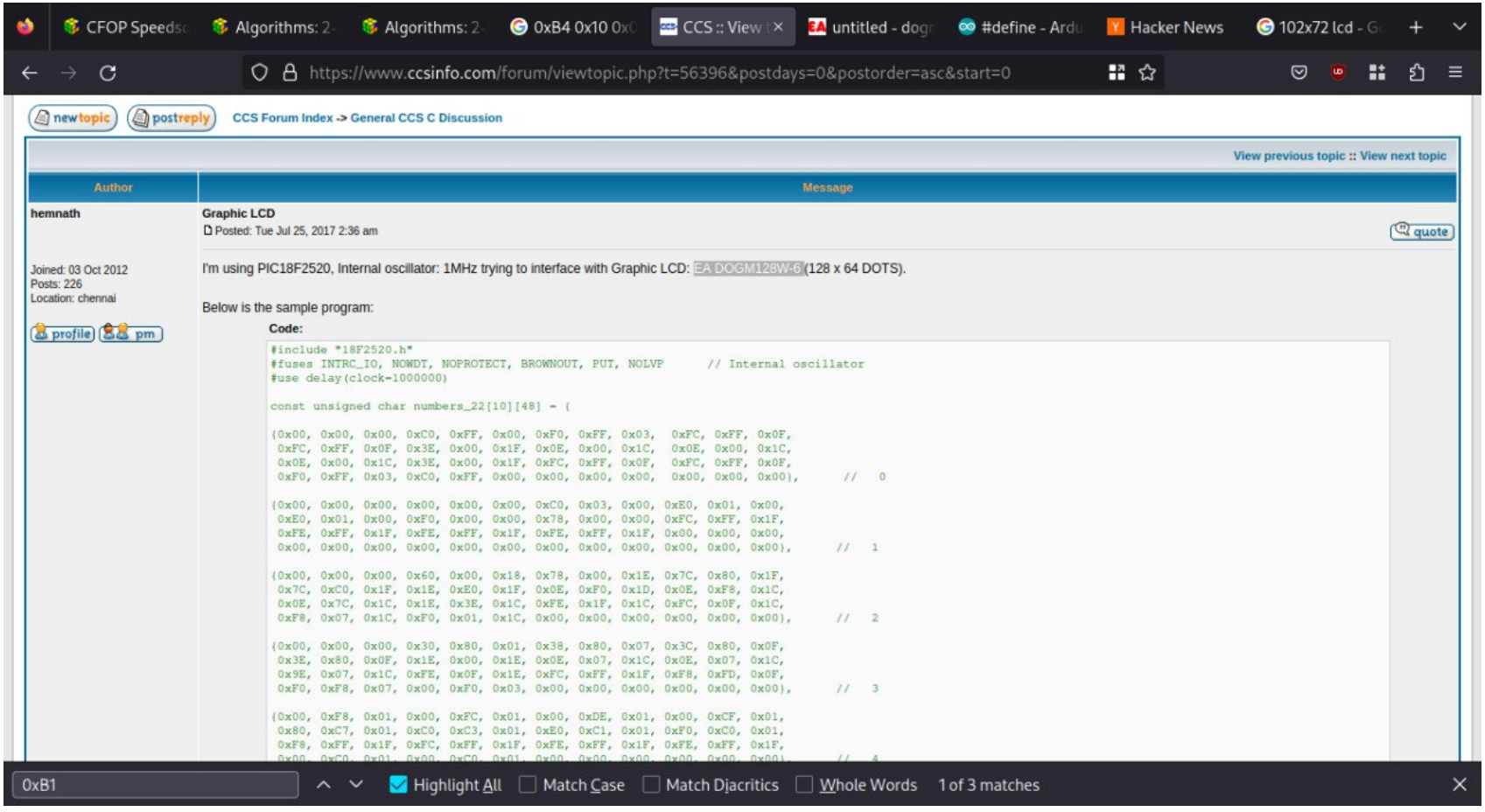
Análisis de los datos

- Se nota un patrón en los datos, existen 3 bytes que se repiten
- Estos se repiten cada vez que se envia un lote largo, posiblemente sean de configuración
- Se realiza una busqueda de estos 3 bytes y sorprendentemente se encuentra un foro
- En el post se encuentra un modelo de un LCD
- Se encuentra el datasheet del LCD

Busqueda de bytes



Foro con datos de LCD



CFOP Speedsc | Algorithms: 2- | Algorithms: 2- | 0xB4 0x10 0xC | CCS :: View t × | untitled - dogr | #define - Ardu | Hacker News | 102x72 lcd - Gi

https://www.ccsinfo.com/forum/viewtopic.php?t=56396&postdays=0&postorder=asc&start=0

new topic | post reply | CCS Forum Index -> General CCS C Discussion

View previous topic :: View next topic

Author	Message
hemnath Joined: 03 Oct 2012 Posts: 226 Location: chennai profile pm	**Graphic LCD** Posted: Tue Jul 25, 2017 2:36 am quote I'm using PIC18F2520, Internal oscillator: 1MHz trying to interface with Graphic LCD: EA DOGM128W-6 (128 x 64 DOTS). Below is the sample program: **Code:**

```
#include "18F2520.h"
#fuses INTRC_IO, NOWDT, NOPROTECT, BROWNOUT, PUT, NOLVP      // Internal oscillator
#use delay(clock=1000000)

const unsigned char numbers_22[10][48] = {

{0x00, 0x00, 0x00, 0xC0, 0xFF, 0x00, 0xF0, 0xFF, 0x03,  0xFC, 0xFF, 0x0F,
 0xFC, 0xFF, 0x0F, 0x3E, 0x00, 0x1F, 0x0E, 0x00, 0x1C,  0x0E, 0x00, 0x1C,
 0x0E, 0x00, 0x1C, 0x3E, 0x00, 0x1F, 0xFC, 0xFF, 0x0F,  0xFC, 0xFF, 0x0F,
 0xF0, 0xFF, 0x03, 0xC0, 0xFF, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  0x00, 0x00, 0x00},      //   0

{0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xC0, 0x03, 0x00, 0xE0, 0x01, 0x00,
 0xE0, 0x01, 0x00, 0xF0, 0x00, 0x00, 0x78, 0x00, 0x00, 0xFC, 0xFF, 0x1F,
 0xFE, 0xFF, 0x1F, 0xFE, 0xFF, 0x1F, 0xFE, 0xFF, 0x1F, 0x00, 0x00, 0x00,
 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00},      //   1

{0x00, 0x00, 0x00, 0x60, 0x00, 0x18, 0x78, 0x00, 0x1E, 0x7C, 0x80, 0x1F,
 0x7C, 0xC0, 0x1F, 0x1E, 0xE0, 0x1F, 0x0E, 0xF0, 0x1D, 0x0E, 0xF8, 0x1C,
 0x0E, 0x7C, 0x1C, 0x1E, 0x3E, 0x1C, 0x0E, 0xFE, 0x1F, 0x1C, 0xFC, 0x0F, 0x1C,
 0xF8, 0x07, 0x1C, 0xF0, 0x01, 0x1C, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00},      //   2

{0x00, 0x00, 0x00, 0x30, 0x80, 0x01, 0x38, 0x80, 0x07, 0x3C, 0x80, 0x0F,
 0x3E, 0x80, 0x0F, 0x1E, 0x00, 0x1E, 0x0E, 0x07, 0x1C, 0x0E, 0x07, 0x1C,
 0x9E, 0x07, 0x1C, 0xFE, 0x0F, 0x1E, 0xFC, 0xFF, 0x1F, 0xF8, 0xFD, 0x0F,
 0xF0, 0xF8, 0x07, 0x00, 0xF0, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00},      //   3

{0x00, 0xF8, 0x01, 0x00, 0xFC, 0x01, 0x00, 0xDE, 0x01, 0x00, 0xCF, 0x01,
 0x80, 0xC7, 0x01, 0xC0, 0xC3, 0x01, 0xE0, 0xC1, 0x01, 0xF0, 0xC0, 0x01,
 0xF8, 0xFF, 0x1F, 0xFC, 0xFF, 0x1F, 0xFE, 0xFF, 0x1F, 0xFE, 0xFF, 0x1F,
 0x00, 0xC0, 0x01, 0x00, 0xC0, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00},      //   4
```

0xB1 | Highlight All | Match Case | Match Diacritics | Whole Words | 1 of 3 matches

Análisis de datasheet

- El LCD esta dividido en paginas, al parecer 8 y según los datos capturados hay 9
- Se confirma que hay un pin que sirve para diferenciar los datos entre comandos y datos de pixels
- Existen comandos para configurar el LCD, como ser el constraste
- Se puede concluir que el datasheet no coincide a la totalidad con el LCD

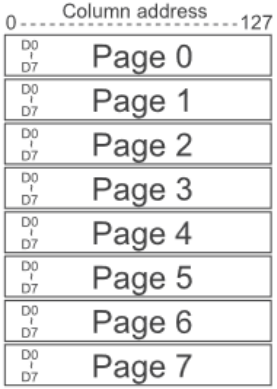
Datasheet de LCD

DISPLAY INDUSTRIAL SOLUTIONS VISIONS

EA DOGM128-6 GRAPHIC

TABLE OF PROGRAMMING COMMANDS

Command	Command Code										Function
	A0	/RD	/WR	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
(1) Display ON/OFF	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0 1	LCD display ON/OFF 0: OFF, 1: ON
(2) Display start line set	0	1	0	0	1	Display start address						Sets the display RAM display start line address
(3) Page address set	0	1	0	1	0	1	1	Page address				Sets the display RAM page address
(4) Column address set upper bit Column address set lower bit	0 0	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	Most significant column address Least significant column address				Sets the most significant 4 bits of the display RAM column address. Sets the least significant 4 bits of the display RAM column address.
(5) Status read	0	0	1	Status				0	0	0	0	Reads the status data
(6) Display data write	1	1	0	Write data								Writes to the display RAM
(7) Display data read	1	0	1	Read data								Reads from the display RAM
(8) ADC select	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0 1	Sets the display RAM address SEG output correspondence 0: normal, 1: reverse
(9) Display normal/ reverse	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0 1	Sets the LCD display normal/ reverse 0: normal, 1: reverse
(10) Display all points ON/OFF	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0 1	Display all points 0: normal display 1: all points ON
(11) LCD bias set	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0 1	Sets the LCD drive voltage bias ratio 0: 1/9 bias, 1: 1/7 bias (ST7565)
(12) Read/modify/write	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	Column address increment At write: +1 At read: 0
(13) End	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	Clear read/modify/write
(14) Reset	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	Internal reset
(15) Common output mode select	0	1	0	1	1	0	0	0 1	*	*	*	Select COM output scan direction 0: normal direction 1: reverse direction
(16) Power control set	0	1	0	0	0	1	0	1	Operating mode			Select internal power supply operating mode
(17) Vo voltage regulator internal resistor ratio set	0	1	0	0	0	1	0	0	Resistor ratio			Select internal resistor ratio(Rb/Ra) mode
(18) Electronic volume mode set Electronic volume register set	0	1	0	1 0	0 0	0 Electronic volume value	0	0	0	0	1	Set the Vo output voltage electronic volume register
(19) Static indicator ON/OFF Static indicator register set	0	1	0	1 0	0 0	1 0	0 0	1 0	1 0	0 0	0 1 Mode	0: OFF, 1: ON Set the flashing mode
(20) Booster ratio set	0	1	0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	0 0	0 step-up value	0	select booster ratio 00: 2x,3x,4x 01: 5x 11: 6x
(21) Power saver												Display OFF and display all points ON compound command
(22) NOP	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	Command for non-operation
(23) Test	0	1	0	1	1	1	1	*	*	*	*	Command for IC test. Do not use this command



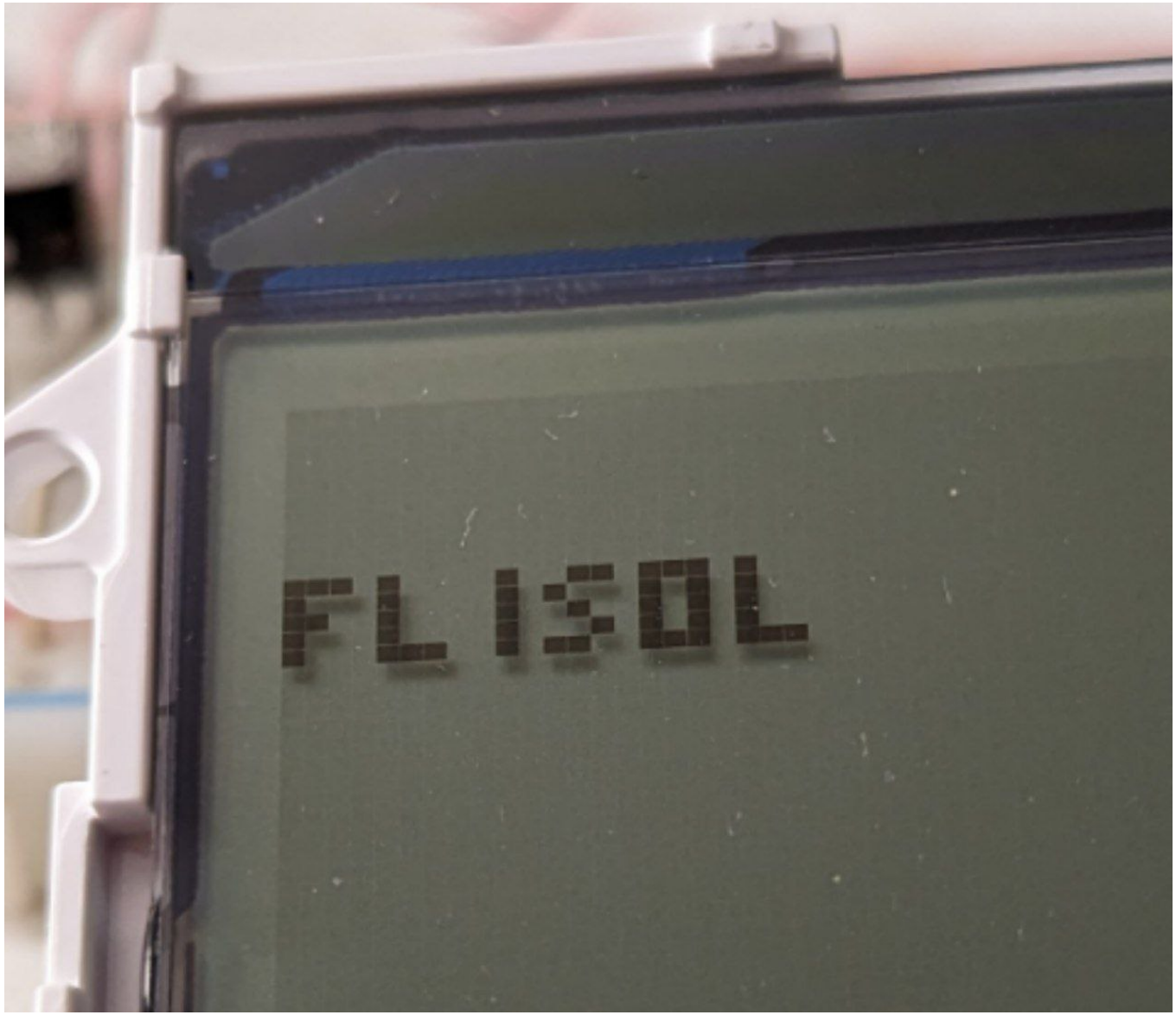
Implementación de una biblioteca para Arduino

- Ya sabiendo el modelo del LCD, se nota que existe una biblioteca (library) para Arduino
- Se decide implementar una biblioteca para entender a profundidad el funcionamiento
- Se implementa un constructor que inicializa el LCD, se utiliza los datos exportados de la captura
- La placa de prueba tiene soporte de hardware para SPI, se utiliza ese mismo mas los pines extra

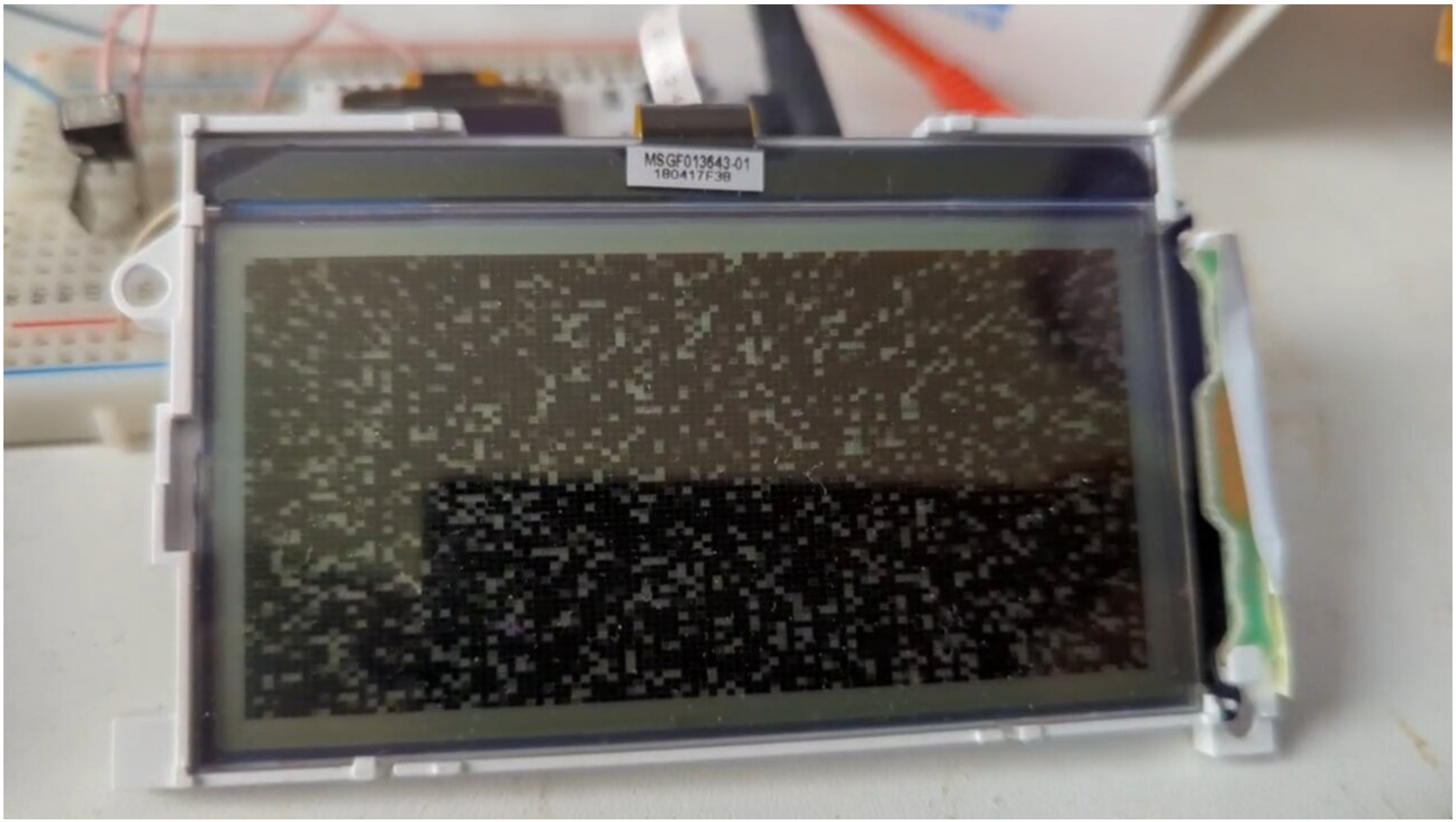
Implementación de una biblioteca para Arduino

- Se implementan init_lcd(), clean_screen(), set_pixel() y refresh_screen()
- Se añade una matriz que representa la pantalla
- Esta matriz puede ser manipulada indirectamente con set_pixel(x,y,value)
- Con refresh_screen() se vuelca la información de la matriz directamente al LCD
- Dentro de refresh_screen() hay una llamada a SPI.transfer(display[i][j])

Ya se puede controlar el LCD



Mostrando pixels aleatorios



Destino del LCD

- Ya sabiendo como funciona y teniendo implementada una biblioteca, posiblemente será destinado a un proyecto que implemente el juego de la vida de Conway

Gracias!

https://github.com/rd-o/lcd_panasonic