

O módulo *LCD* implementado é constituído por dois blocos: i) o *Control* sendo uma arquitetura de software; e ii) o bloco de *LCD*, conforme ilustrado na Figura 1. Neste caso o módulo de controlo, implementado em *software*, é a entidade de envio para o *LCD*.

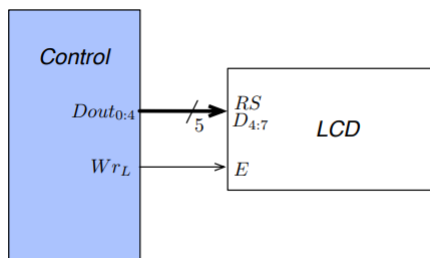


Figura 1 – Diagrama de blocos do módulo *LCD*

1 LCD

Foi implementado o módulo *Control* em *software*, recorrendo a linguagem *Kotlin* e seguindo a arquitetura lógica apresentada na figura 2. No desenvolvimento do código, prestou-se especial atenção, ao *datasheet* fornecido pelos docentes, desenvolvendo o módulo com essa base. A figura 3 mostra o correspondente de cada *PIN* do *LCD* executa sobre o componente. A parte *software* permite então ter o controlo sobre o *LCD*, dado o exemplo como, a escrita, ficar a piscar ou até mesmo limpar o ecrã. A conexão entre o software e o *LCD* em si é feita através de um *UsbPort* que permite a conexão entre o *hardware* e o *software*.

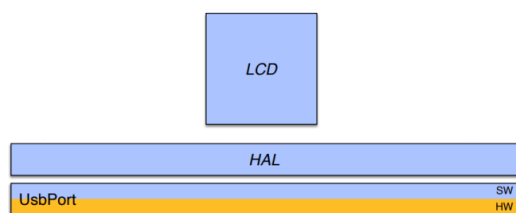


Figura 2-Diagrama lógico do módulo *Control* de interface com o módulo *LCD*

Pin No	Name	I/O	Description
1	Vss	Power	GND
2	Vdd	Power	+5v
3	Vo	Analog	Contrast Control
4	RS	Input	Register Select
5	R/W	Input	Read/Write
6	E	Input	Enable (Strobe)
7	D0	I/O	Data LSB
8	D1	I/O	Data
9	D2	I/O	Data
10	D3	I/O	Data
11	D4	I/O	Data
12	D5	I/O	Data
13	D6	I/O	Data
14	D7	I/O	Data MSB

Figura 3-Mapa de *pins* do *LCD*

O *LCD* em si, é um *display* de cristais líquidos, onde é permitido escrever em 2 linhas e 16 colunas. Do *pin* 1 ao 3 tem-se as alimentações e o contraste. No *pin* seguinte temos o *Register Select* (*RS*), onde é permitido dizer ao componente se os valores no barramento de dados, são de instrução ou de data. O *pin* 5 *Read/Write* (*R/W*), onde a ativação do *Write* é com o valor lógico '0', onde a mesma instrução permite a leitura ou escrita de dados no *LCD*. Neste projeto teve-se mais o uso da escrita, podendo este *pin* ficar ligado ao *ground* (valor lógico '0'). O *pin* 6 é o *Enable* do componente.

O *LCD* tem 8 *pins* de entrada de data, mas como no *UsbPort* só tem 8 *pins* tanto de *input* como de *output*, era fisicamente impossível, trabalhar com este a 8 *bits* e ter o resto do projeto funcional. Logo o *LCD* permite ser trabalhado com uma interface de 4 *bits* de dados e 3 *bits* de controlo, fornecendo a capacidade de realizar *Shift Left* da parte baixa da *word*, através do comando sobre o mesmo imposto.

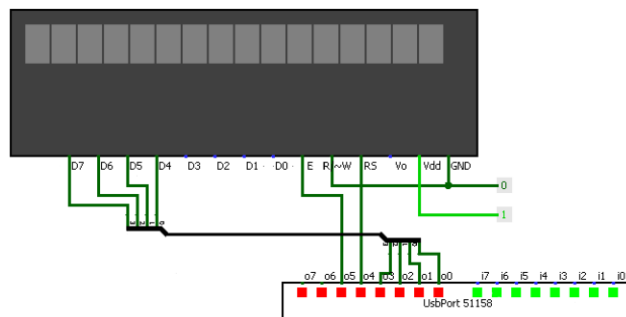


Figura 4 – Arquitetura em *logisim* do *LCD*

Como é 4 *bits*, é usado *nibbles* para a transferência de *bits*, primeiro enviando os 4 *bits* de maior peso e a seguir os restantes 4, como é possível ver na figura 4. Para efetuar uma escrita é preciso que o *R/W* esteja com o valor lógico '0', provoca-se uma descida no sinal de *Enable* para “prender” o *nibble*, depois volta-se a ascender o *clock*, para fazer “captura” do próximo *nibble*. Este processo é uma instrução de escrita de acordo com o sinal de *RS*.

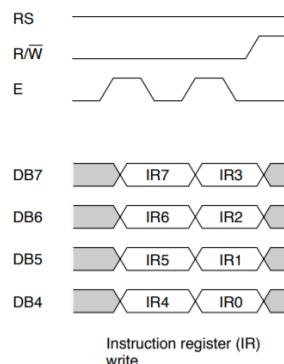


Figura 4 – Exemplo de uma transferência a 4 *bits*

1.1 Classe LCD

A classe *LCD* implementada foi obtida através de oito funções, excluindo a inicialização do ecrã, onde quatro dessas não estão disponíveis ao utilizador, sendo as mesmas privadas. As funções que estão disponíveis ao público, foram desenvolvidas através das quatro primeiras.

A função *writeNibbles*, permite nos trabalhar a com quatro *bits*, onde se tem um “caminho” diferente dependendo do valor do *RS*. O seu desenvolvimento foi aplicado a várias funções do *HAL*. Escrever ao *byte* (*writeByte*), chama a função *writeNibble*, duas vezes, dando um pequeno espaço temporal entre ambos. Escrever um comando ou data tem, tem uma implementação muito parecida, só varia na chamada à função sobre o valor booleano que *RS* representa.

Nas funções disponíveis ao utilizador, o *init* é o que permite inicializar a classe, e o código foi todos baseado na figura 6. O valor escolhido para *N* foi 1 porque quer-se escrever em duas linhas, o de *F* = 0 para se obter o tamanho de 5 por 8 em cada carácter e assim usufruir mais do tamanho do *display*, o de *I/D* = 1 porque quer-se que o cursor incremente ao escrever e o de *S* = 0 para não haver um *Shift* no *display* logo na sua inicialização.

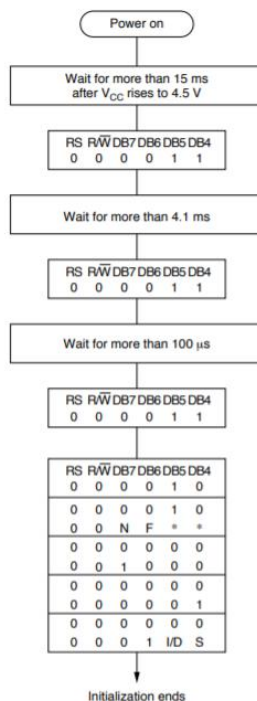


Figura 6 – Inicialização do LCD

É possível também ter controlo sobre o cursor escolhendo, a posição onde se quer escrever no *LCD*, utilizando a função para o mesmo efeito.

Também é possível escrever um carácter de cada vez, ou uma *string* inteira, dependendo da função escolhida. Para a otimização da *APP* para a realização de vários pedidos em sequências foi criado o *clear* que nos permite ir limpando o ecrã. Tudo isto é possível ser observado no anexo B.

Instruction	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Description	t _{cmd} is 270 kHz
Clear display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Clears entire display and sets DDRAM address 0 in address counter.	
Return home	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Sets DDRAM address 0 in address counter. Also returns display from being shifted to original position. DDRAM contents remain unchanged.	1.52 ms
Entry mode set	0	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D S	Sets cursor move direction and specifies display shift. These operations are performed during data write and read.	37 µs
Display on/off control	0	0	0	0	0	0	0	1	D	C B	Sets entire display (D) on/off, cursor on/off (C), and blinking of cursor position character (B).	37 µs
Cursor or display shift	0	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	— —	Moves cursor and shifts display without changing DDRAM contents.	37 µs
Function set	0	0	0	0	0	1	DL	N	F	— —	Sets interface data length (DL), number of display lines (N), and character font (F).	37 µs
Set CGRAM address	0	0	0	1	ACG	ACG	ACG	ACG	ACG	ACG	Sets CGRAM address. CGRAM data is sent and received after this setting.	37 µs
Set DDRAM address	0	0	1	ADD	ADD	ADD	ADD	ADD	ADD	ADD	Sets DDRAM address. DDRAM data is sent and received after this setting.	37 µs
Read busy flag & address	0	1	BF	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	Reads busy flag (BF) indicating internal operation is being performed and reads address counter contents.	0 µs
Write data to CG or DDRAM	1	0	Write data								Writes data into DDRAM or CGRAM.	37 µs t _{acc} = 4 µs*
Read data from CG or DDRAM	1	1	Read data								Reads data from DDRAM or CGRAM.	37 µs t _{acc} = 4 µs*

Figura 7 – Comandos para o LCD

1.2 Classe TUI

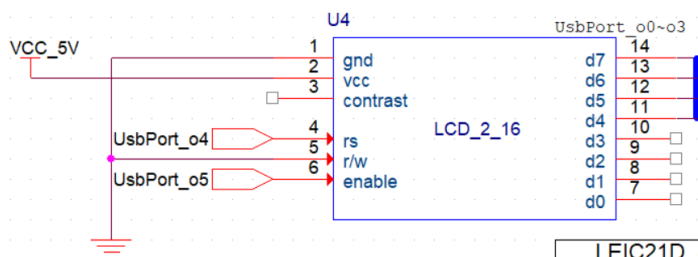
A classe *TUI* permite ao utilizador uma panóplia de funções que permitem um controlo ainda maior sobre o *LCD*. Tem uma função *key*, que concede ao utilizador a opção de quer que o seu código seja exposto, ou escondido, aparecendo no lugar do código ‘*’. Também foi realizado em 3 funções que permitem escolher de onde se quer começar a escrever no *display*. Com ajuda da biblioteca *java* (*java.time.LocalDateTime*), o utilizador pode ter o dia e a hora exata no seu *display*. Todas as funções implementadas são provenientes e obedecem à cadeia hierárquica, neste caso necessitando da classe *LCD*.

2 Conclusões

O módulo do *LCD*, é implementado só através duma vertente *software*, onde o seu conteúdo permite o controlo sobre o componente *LCD*, e alcançar os objetivos propostos.

Com este controlo é possível, escrever frases ou um simples caracter, limpar o ecrã, ou até mesmo escrever em vários sítios do componente. Com a ajuda da classe *TUI*, o utilizador, tem opções mais concretas para trabalhar com o *LCD*, não estando limitado só a escrever, e possibilitando assim vastas opções para implementações futuras, podendo serem aproveitadas ao máximo conforme a criatividade do utilizador.

A. Esquema elétrico do módulo *LCD*



LEIC21D_SV_2021 - João Magalhães e Ricardo Henriques			
Title		LCD Eletronic Schematic	
Size A	Document Number 3		Rev LCD
Date:	Wednesday, June 02, 2021	Sheet	1 of 1

B. Código Kotlin da classe LCD

```
object LCD {
    private const val LINES = 2
    private const val COLS = 16 // Display dimension
    private const val ENABLE = 0x20
    private const val RS = 0x10
    private const val LCD_DATA = 0x0F
    private const val LCD_LINE = 0x40 //If wanted to write at the second line just need to add 0x40
    private const val DISPLAY_CLEAR = 0x01
    private const val CURSOR_CMD = 0x80

    private fun writeNibble(rs: Boolean, data: Int) {
        // RS -> UsbPort.i4
        if (rs) {
            HAL.setBits(RS)
        } else {
            HAL.clrBits(RS)
        }

        // EnableOn -> i5
        HAL.setBits(ENABLE)

        //Data
        HAL.writeBits(LCD_DATA, data)

        // EnableOff -> i5
        HAL.clrBits(ENABLE)
        Time.sleep(2)
    }

    private fun writeByte(rs: Boolean, data: Int) {
        writeNibble(rs, data/16) // /16 == ShiftRight 4 times
        Time.sleep(2)
        writeNibble(rs, data)
    }

    private fun writeCMD(data: Int) {
        writeByte(false, data)
    }

    private fun writeDATA(data: Int) {
        writeByte(true, data)
    }

    fun init() {
        /**
         * All the "fly" variables, like 5 or 0x08.. It's for the LCD configuration
         * They're times and commands got in the manual
         */
        Time.sleep(80)

        writeNibble(false, 0x03)

        Time.sleep(5)

        writeNibble(false, 0x03)

        Time.sleep(1)

        writeNibble(false, 0x03)

        writeNibble(false, 0x02)
        writeCMD(0x28) // N=1 & F= 0
        writeCMD(0x08)
        writeCMD(0x01)
        writeCMD(0x06) // I/D=1 & S=0
        writeCMD(0x0F)
    }

    // Char write at the position.
    fun write(c: Char) {
        writeDATA(c.toInt())
    }

    // String write at the position.
    fun write(text: String) {
        text.forEach { write(it) }
    }

    fun cursor(line: Int, column: Int) {
        val x = column + (line* LCD_LINE)
        writeCMD(x+ CURSOR_CMD)
    }

    fun clear() {
        writeCMD(DISPLAY_CLEAR)
    }
}
```

C. Código Kotlin da classe TUI

```
object TUI {  
    const val LCD_COLUMNS = 16  
  
    fun key(l:Int, vis :Boolean):Int{  
        var s = 0.0  
        var i =0  
  
        do {  
            val x = KBD.waitKey(5000)  
            if ((s == 0.0 && x == '*') || x == KBD.NONE.toChar()) return -1  
            if (x == '*') {  
                LCD.clear()  
                i=0  
            } else {  
                if (!vis) {  
                    LCD.write('*')  
                } else {  
                    LCD.write(x)  
                }  
  
                s += (x - '0') * ((10.0).pow(1 - i - 1))  
                i++  
            }  
        }while (i<1)  
  
        return s.toInt()  
    }  
  
    fun writeleft(s:String,line:Int){  
        LCD.cursor(line,0)  
        LCD.write(s)  
    }  
  
    fun writecenter(s:String,line:Int){  
        var size = s.length  
        size = (LCD_COLUMNS-s.length*1.5-1).toInt()  
        LCD.cursor(line,size)  
        LCD.write(s)  
    }  
  
    fun writerright(s:String,line:Int){  
        var size = s.length  
        size = LCD_COLUMNS-s.length  
        LCD.cursor(line,size)  
        LCD.write(s)  
    }  
  
    fun time():String{  
        val time = LocalDateTime.now()  
        val format = DateTimeFormatter.ofPattern("dd-MM-yyyy HH:mm")  
        return time.format(format)  
    }  
}
```

D. Classe APP

```
data class Ut(val user:Int ,val pass:Int,val name:String )

object APP {
    const val DOOR_OPEN_VELOCITY= 12
    const val DOOR_CLOSE_VELOCITY= 12

    fun user(worker:Ut, tent:Int?, numeroTentativas:Int, line:Int):Boolean {
        var tent = tent
        for(i in 1..numeroTentativas){
            TUI.writeleft("USER:", line)
            tent = TUI.key(3, true)
            if (tent==worker.user) {
                return true
            }
            lineClear(line)
            TUI.writeleft("USER NOT FOUND", line)
            Time.sleep(1000)
            lineClear(line)
        }
        return false
    }

    fun pass(worker:Ut, tent:Int?, numeroTentativas:Int, line:Int):Boolean {
        var tent = tent
        lineClear(line)
        for (i in 1..numeroTentativas) {
            TUI.writeleft("PASS:", line)
            tent = TUI.key(4, false)
            if (tent == worker.pass) {
                return true
            }
            lineClear(line)
            TUI.writeleft("PASS ERROR", line)
            Time.sleep(1000)
            lineClear(line)
        }
        return false
    }

    fun doorMovement( worker:Ut){
        LCD.clear()
        TUI.writecenter("Welcome", 0)
        TUI.writecenter(worker.name, 1)
        Door.open(DOOR_OPEN_VELOCITY)
        Time.sleep(3000)
        Door.close(DOOR_CLOSE_VELOCITY)
    }

    fun lineClear(x:Int){
        TUI.writeleft(" ",x)
    }
}
```