

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

**Títol:** Placa educativa OVERDRIVE

**Document:** 1. Memòria

**Alumne:** Eudald Arbós Camps

**Tutor:** Miquel Rustullet Reñe

**Departament:** Enginyeria Elèctrica i Automàtica

**Àrea:** Enginyeria de sistemes i automàtica

**Convocatòria (mes/any)** Decembre/2018

**Índex**

1	INTRODUCCIÓ .....	3
1.1	Antecedents.....	3
1.2	Objecte .....	3
1.3	Abast .....	3
2	Maquinari.....	5
2.1	Microcontrolador.....	5
2.2	Perifèrics I <sup>2</sup> C.....	7
2.2.1	MCP 79410.....	7
2.2.2	Acceleròmetre .....	8
2.3	Perifèrics SPI.....	8
2.4	Entrada analògica.....	8
2.5	Entrades i sortides digitals .....	10
2.5.1	Polsadors .....	10
2.5.2	LCD .....	11
2.5.3	Infraroig .....	12
2.5.4	LED RGB.....	14
2.6	UART.....	15
2.7	Alimentació .....	15
3	Lliurament.....	17
3.1	Programa de test .....	17
4	Resum del pressupost .....	18
5	Conclusions .....	19
6	Relació de documents .....	20
7	Bibliografia.....	21
8	Glossari .....	22
A.	Programa.....	24
B.	Característiques tècniques .....	25

C.	Motivació .....	26
C.	Desenvolupar al programa .....	28
C.1	MPLAB X IDE .....	28
C.2	Compilador XC8 .....	29
C.2.1	Llenguatge .....	29
C.3	Configuració del codi amb entorn gràfic .....	31

## 1 INTRODUCCIÓ

Aquest projecte conté els dissenys i les especificacions tècniques suficients per al desenvolupament d'un prototip per desenvolupar una placa educativa per aprendre a programar. La placa serà desenvolupada perquè els participants del OVERDRIVE la programin i la utilitzin com a acreditació d'accés.

### 1.1 Antecedents

Les jornades de divulgació STEM d'arreu del món tenen plaques personalitzades per suport educatiu i ensenyar programació. Les jornades nacionals i internacionals organitzades a l'EPS UdG s'inclouen activitats d'electrònica i informàtica. La placa que s'ha de dissenyar haurà d'incloure la possibilitat de comunicar-se amb ordinadors, entre elles i pràctiques d'electrònica bàsica.

### 1.2 Objecte

S'haurà de dissenyar una placa perquè els participants de secundària, cicles formatius, universitaris i professionals puguin ampliar els seus coneixements de programació de microcontroladors.

Es dissenyarà una placa de suport educatiu controlat amb un PIC 16F18855. Es desenvoluparà un *firmware* basic on s'introduiran les característiques i funcions bàsiques de la placa. Els participants podran millorar i ampliar les funcionalitats des d'aquest programa.

### 1.3 Abast

La placa permetrà realitzar practiques amb entrada i sortida digital. En un segon nivell aprofitar els recursos per fer entrades i sortides analògiques i finalment permetrà comunicar-se digitalment per SPI, I<sup>2</sup>C i UART.

La sortida analògica ha de ser controlada per modulació del ample del pols.

El disseny ha de tenir una pantalla LCD 16x2 HD44780, aquesta serà connectada amb 4 bits.

L'entrada analògica serà una LDR amb guany i compensació analògica, però amb filtre digital processat pel microcontrolador.

L'emissor i el receptor infraroig seran sense modulació per poder desenvolupar protocols de comunicació simples. L'Emissor tindrà l'opció d'afegir-hi una portadora i desenvolupar comandaments a distància.

La comunicació SPI s'hi afegirà un sensor termoparell, per poder obtenir les dues temperatures.

La comunicació I<sup>2</sup>C hi haurà un RTC<sup>2</sup>, un acceleròmetre i un port de connexió extra per comunicar-nos o bé amb altres plaques o perifèrics.

La comunicació UART es farà a través del connector ICSP de programació.

## 2 Maquinari

Aquesta placa ens ha permet realitzar practiques d'electrònica, com per exemple com realitzar la instrumentació d'un sensor de llum. Per altre banda el microcontrolador ens ha de comunicar-se amb perifèrics, com sensors de temperatura i un rellotge, amés de comunicar-se entre elles.

Una altre exigència a complir es realitzar tallers de enginyeria inversa, com per exemple descobrir el xifrat d'un comandament a distància dels projectors i replicar la seva senyal. Finalment interfícies d'home maquina per comunicar-se i poder realitzar funcions.

Gràcies a una codificació del LED RGB podrem identificar els rols dels voluntaris del esdeveniment, amés d'una pantalla que sortí la seva responsabilitat i el nom.

### 2.1 Microcontrolador

Escollir correctament el microcontrolador ens limitarà més o menys les funcions de la placa. S'ha escollit el PIC16F18855, aquest té mòduls PWM, I<sup>2</sup>C, SPI, UART i temporitzadors suficients per complir amb l'abast del projecte. Amés aquest microcontrolador té un mòdul que permet escollir el pin per on entrarà o sortirà la funció d'un mòdul, aquesta propietat ens permet fer circuits impresos més senzills el poder intercanviar les funcions dels pins.

El PPS ens permet usar el intercanviador de pins en el disseny del circuit imprès, això fa que l'esquema i la placa tinguin algun pin del microcontrolador canviar però simplificant el circuit i les practiques de enginyeria inversa.

Aquest és de molt baix consum, s'alimenta entre 2.8 i 5.5 Volts, aquest consumeix una potència de 230 $\mu$ W.

No necessita molts components externs, el rellotge de la CPU el té intern, amb una freqüència de 4MHz, només necessita un connector ICSP per poder-lo programar amb una resistència entre el pin 1 i el 2. Finalment un condensador de 10nF per filtra les commutacions de consum.

Aquest PIC amb l'encapsulat SOIC té 28 pins, per poder realitzar totes les funcions del projecte necessitem fer que un pin pugui fer més d'una funció, per aquesta raó el selector de xip del bus SPI comparteix la sortida digital del LED infraroig.

Aprofitem el connector del ICSP per fer la comunicació sèrie cap a un altre targeta o bé per comunicar-se amb un ordinador i augmentar les funcionalitats de la placa.

A continuació es mostra una taula amb les funcions de cada pin.

Pin	Funció	Descripció
1	Control ICSP	Voltatge de programació (ICSP 1)
2	Entrada digital	Alarma MCP79410
3	Entrada digital	Polsador 1
4	Entrada digital	Polsador 2
5	Entrada digital	Polsador 3
6	Entrada digital	Polsador 4
7	Sortida digital	Selector SPI (MAX31855) i LED Infraroig
8	Vss	Potència negativa
9	Entrada digital	Sensor entrada infraroig
10	Entrada analògica	Sensor de llum
11	Entrada digital	comunicació LCD D4
12	Entrada digital	comunicació LCD D5
13	Entrada digital	comunicació LCD D6
14	Entrada digital	comunicació LCD D7
15	Sortida digital	Rellotge del SPI
16	Sortida digital	Selector de registres
17	Sortida digital	Habilitada de pantalla
18	Modulació per ample de pols	LED verd
19	Vss	Potència negativa
20	Vdd	Potència positiva
21	Modulació per ample de pols	LED blau
22	Entrada digital	Comunicació SPI MISO
23	Modulació per ample de pols	LED vermell
24	Sortida digital	LED pantalla LCD
25	Sortida digital	Rellotge del I <sup>2</sup> C
26	Bidireccional digital	Bus de dades I <sup>2</sup> C
27	Bus ICSP i sortida sèrie	ICSPDAT (ICSP 5) i transmissió sèrie
28	Bus ICSP i entrada sèrie	ICSPCLK (ICSP 4) i recepció sèrie

Taula 1. Distribució de pins

La placa no té el polsador de reset, aquest posador ens permet reiniciar el programa del microcontrolador en el cas que aquest quedi bloquejat. No té aquest polsador perquè es molt senzill reiniciar la placa amb la connexió i desconexió de la font principal a través del interruptor principal de la placa.

## 2.2 Perifèrics I<sup>2</sup>C.

Serà el principal protocol de comunicació digital de la placa, tindrà un rellotge amb alarma, aquest ens permetrà saber la hora i la data. A més hi hauria la possibilitat de soldar-hi un acceleròmetre o giroscopi, en funció de les necessitats del taller.

Finalment hi haurà un connector extra I<sup>2</sup>C per permetre la comunicació entre plaques. O bé l'opció d'incloure sensors I<sup>2</sup>C com per exemple, detectors de color, pantalles, sensors de magnituds ambientals (temperatura, pressió atmosfèrica i humitat), sensors de contaminants i controls d'atmosfera.

### 2.2.1 MCP 79410

Aquest element el rellotge de temps real amb calendari, ens permetrà saber la hora i el dia tot i desconnectar la potència principal de la placa. El RTC<sup>2</sup> tindrà un suport amb una pila de 3 volts per alimentar de forma ininterrompuda quan desconnectem la font principal de la placa.

Aquest element també ens permet programar una alarma que generi una interrupció asíncrona en el PIC. Per aquesta mateixa sortida també podríem generar una ona quadrada amb base de segons.

Aquest dispositiu també ens ofereix una memòria SRAM de 64 Bytes i 128 bytes de EEPROM. La memòria EEPROM té proteccions a l'escriptura per programa. En situacions que ho requereixin per les necessitats del programa i necessitem un extra de memòria, ens hi podrem adreçar i ampliar la memòria per I<sup>2</sup>C

Per funcionar correctament necessita un cristall de quarts de 32.768kHz, aquest es l'encarregat de controlar el xip i que aquest pugui mantenir la hora. Si fos necessari el MCP és capaç de calibrar el rellotge de quars per programa. Per funcionar correctament el rellotge necessita dos condensadors de 12pF.

Igual que el microcontrolador és un xip de molt baix consum.



### **2.2.2 Acceleròmetre**

Pels usuaris més avançats s'hi ha afegit un connector per poder-hi agregar un acceleròmetre ADXL345 o bé un giroscopi GY-521. Tots dos es comuniquen per I<sup>2</sup>C i tenen la mateixa distribució de pins.

Al permetre aquesta ampliació es podrà detectar una caiguda lliure, per fer proves com si es tractes d'un node sense fils per transmetre dades, comptar passes i detectar vibracions o moviments de terra .

El giroscopi permet programar aplicacions per obtenir la direcció i aplicacions de pèndols invertits. Aquesta informació seria enviada a una placa amb motors.

### **2.3 Perifèrics SPI**

La comunicació per SPI només es comunicarà amb el dispositiu MAX 31855, aquest sensor és un convertidor analògic a digital per a termoparells. Amés té compensador d'unió freda, apart de usar-la per donar-nos correctament la temperatura calenta també ens dona la temperatura ambient.

La resolució de la conversió és de 14 bits, això ens ofereix una precisió de 0.25°C. Aquest dispositiu només pot convertir termoparells tipus K. La comunicació ens informa de la temperatura calenta, temperatura de placa i si hi ha algun problema de connexió amb el termoparell.

La alimentació d'aquest dispositiu també és de 5 volts, és de baix consum.

### **2.4 Entrada analògica**

La entrada analògica està basada amb una LDR de 20KΩ. Aquesta amb un divisor de tensió obtenir un voltatge variable en funció de la intensitat lumínica que rep el sensor.

La senyal obtinguda per la LDR s'ha d'instrumentar, això es podria realitzar amb operacions matemàtiques dins del microcontrolador o bé amb operacions analògiques. Com que la placa ha sigut dissenyada com a suport educatiu d'electrònica, s'ha instrumentat de forma analògica. La instrumentació està format per un amplificador no inversor i un amplificador diferencial.

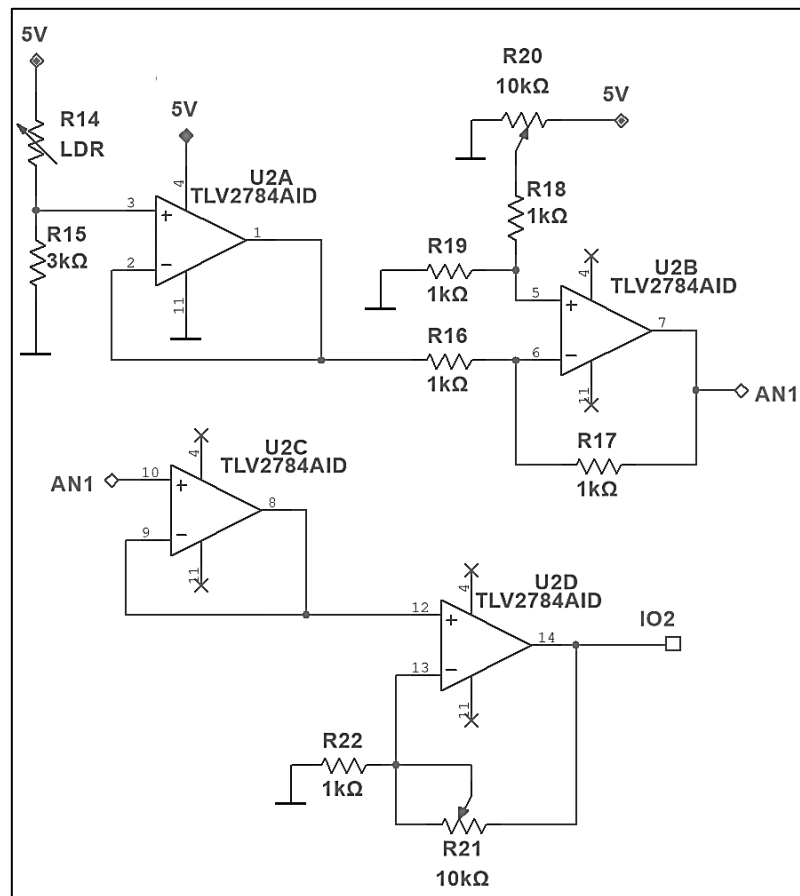


Figura 1. Instrumentació LDR

La instrumentació està realitzada per 4 etapes, la etapa A i C són seguidors de tensió, això vol dir que la tensió d'entrada i sortida són iguals però la intensitat d'entrada és nul·la i la de sortida la subministra el amplificador operacional.

La segona etapa és un amplificador diferencial, aquesta etapa ens permet eliminar el voltatge mínim que ens dona el sensor sigui eliminat, restem el voltatge que ens dona la resistència 20 al voltatge de la LDR. Segueix la següent equació.

$$V_{AN1} = V_{R20} \frac{(R_{17} + R_{16})R_{19}}{(R_{19} + R_{18})R_{16}} - \frac{V_{PIC} \cdot R_{15}}{R_{15} + R_{14}} \cdot \frac{R_{17}}{R_{16}} \quad (\text{eq.1})$$

Aquesta equació ens permet restar entre 0 i 5 volts a l'entrada de voltatge que ens dona el divisor de tensió de la LDR i la resistència 15. No té càlculs en concret, ja que permet calibrar qualsevol situació que els usuaris de la placa vulguin obtenir de valor mínim d'il·luminació a l'entrada.

La quarta etapa és un amplificador no inversor, aquest ens permet multiplicar el voltatge de l'entrada per un valor definit amb el potenciòmetre 21. Segueix la següent equació:

$$V_{IO2}=V_{AN1}\left(1+\frac{R_{21}}{R_{22}}\right) \quad (\text{eq.2})$$

El màxim guany que ens pot oferir el circuit és de 11, això ens permet que amb una entrada mínima de quatre-cents cinquanta-quatre milivolts hi haurà una sortida de 5 volts a IO2. En contra el circuit tindrà una guany mínim de 1, treballaria com un seguidor de tensió.

La LDR detecta la llum ambiental, quan aquesta rep llum artificial en el interior d'un edifici té un soroll a 50Hz, a causa de que la alimentació de baixa tensió està a 50Hz, les bombetes juntament amb la freqüència de la baixa tensió s'encén i s'apaga el que provoca que el sensor ho detecti.

La senyal parasitària s'ha de filtrar, exactament un filtre passa baix. Aquest el podem fer analògic o digital, com que ja s'instrumenta de forma analògica el filtre el realitzarem de forma digital. Amés el convertidor analògic a digital del microcontrolador té un mòdul computacional, aquest ens permet programar un filtre passa baix.

Un cop filtra la senyal parasitària s'obté el resultat del convertidor.

## 2.5 Entrades i sortides digitals

La placa té tot un seguit de perifèrics que es comuniquen de forma digital, començant amb els pulsadors de la placa, entrada i sortida dels infrarojos, la comunicació amb la pantalla LCD i la modulació per ample de pols pel LED multicolor.

Aquests perifèrics necessiten un seguit d'elements passius i semiconductors, aquests són necessaris per poder llegir voltatge, amplificar el corrent o ajudar a definir els nivells lògics.

### 2.5.1 Pulsadors

La placa consta de 4 pulsadors, aquests són els necessaris per obtenir una navegació pels menús del programa. Aquests també es poden configurar amb pulsació curtes o llargues per

obtenir més funcions, com accés a la configuració del rellotge o entrar un missatge per transmetre per infraroig, etc.

Els pulsadors estan dissenyats amb lògica negada. Quan no és polsen obtenir un 1 lògic i en el moment que és prem, el microcontrolador, rep un 0 lògic.

Els ports usats pels pulsadors tenen l'opció d'habilitar resistència d'elevació interna. Si es dessoldessin les resistència físiques del pulsador podrien practiques per configurar les resistències internes del controlador.

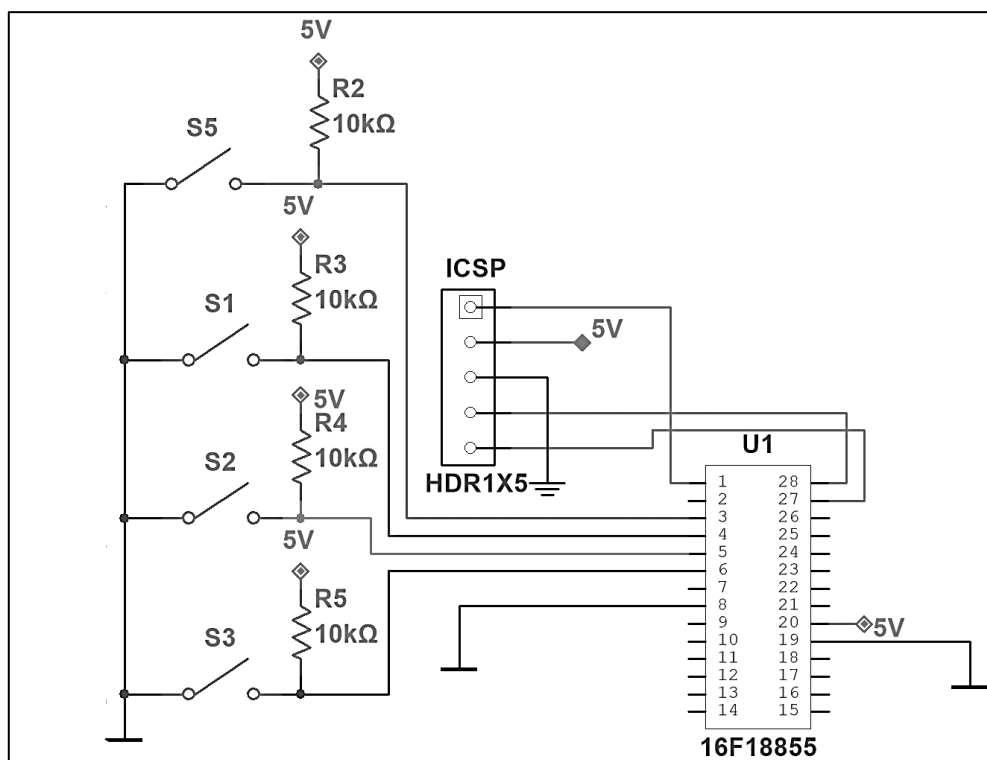


Figura 2. Circuit pulsadors

### 2.5.2 LCD

Per aquest disseny s'ha decidit utilitzar el protocol en paral·lel HD44780, s'hi afegeix un pantalla LCD de 16X2. La comunicació és paral·lela de 4 bits, el port RS de la pantalla i el E. La pantalla té el port WR que és l'encarregat de permetre la lectura i l'escriptura de la pantalla connectat a GND, d'aquesta manera només es permet escriure a la pantalla.

El LED de la pantalla, està connectat al PIC, d'aquesta manera la podem controlar tant digitalment com per PWM. Per poder alimentar la intensitat del LED s'hi ha afegit un transistor en sèrie al LED.

Per regular el contrast de la pantalla s'usa un potenciòmetre connectat entre 5 volts i GND. Cada pantalla s'haurà d'ajustar a causa que cada una d'elles té un voltatge de contrast diferent, amés que aquest pot canviar en funció la temperatura que es troba la pantalla.

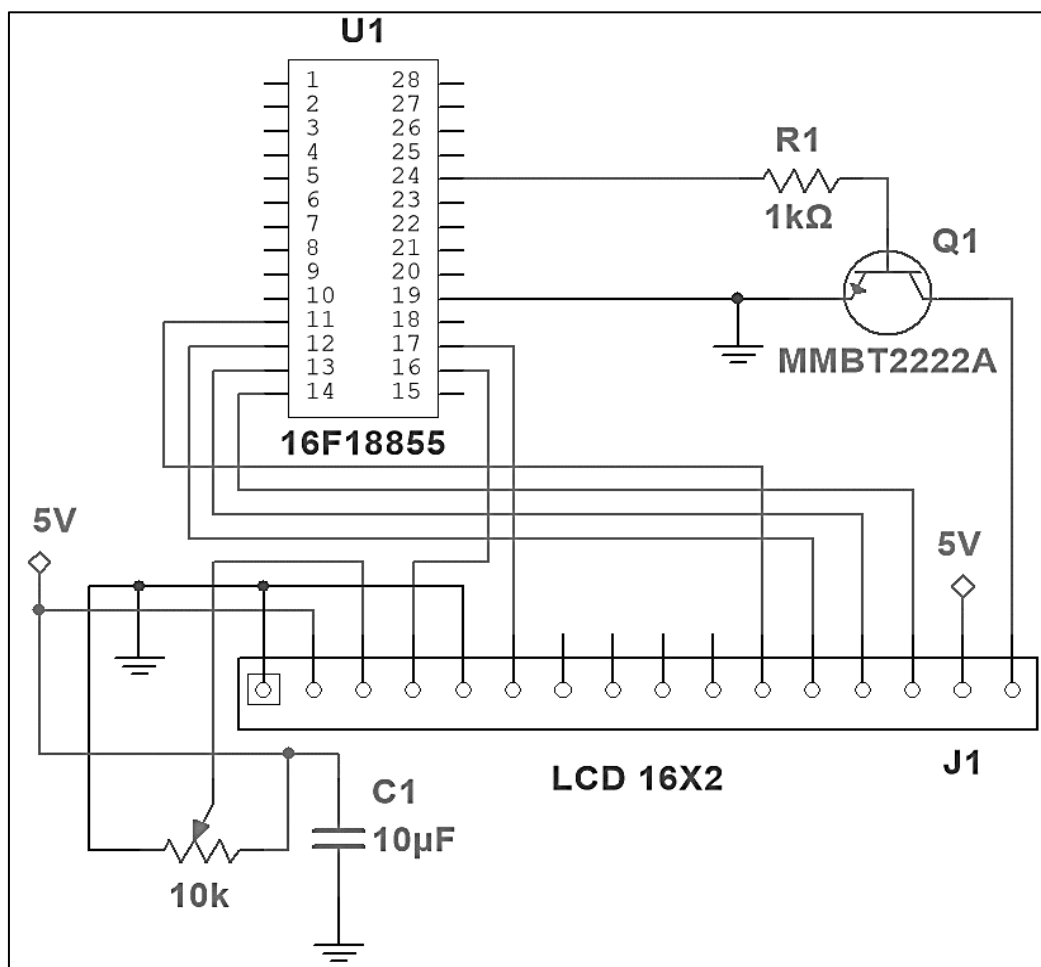


Figura 3. Circuit LCD

### 2.5.3 Infraroig

La placa conté un receptor i un emissor infraroig. Aquests són de 940nm, aquesta és la mateixa longitud d'ona dels comandaments a distàncies comercials. Aquests mòduls han sigut incorporats per poder substituir els comandaments dels projectors, televisors o bé per crear ponts i amplificador per un dispositiu amb comandament a distàncies per infraroig.

També estan col·locats de tal manera que permet la comunicació entre plaques, mantenint transferència i recepció sense haver de moure les plaques. El sistema infraroig permet que cada usuari pugui desenvolupar un protocol, més o menys senzill en funció de la seguretat i robustesa necessària. Fins i tot és permet incorporar una senyal portadora en la comunicació.

L'emissor comparteix el pin amb el selector del MAX 31855, aquesta funció a de ser amb lògica negada, per no tenir el LED infraroig permanentment consumint potència s'ha instal·lat entre el pin del PIC i 5V. D'aquesta manera s'encendrà el LED quan la sortida del PIC hi hagi un 0 lògic.

El LED VSML3710-GS18 és un díode que permet emetre a altres freqüències, per poder incorporar portadores a la comunicació i s'ha ajustat la resistència perquè aquest treballi pròxim a les característiques elèctriques límit. S'ha dissenyat d'aquesta manera per poder augmentar la distància de la comunicació.

Per poder dissipar el LED s'ha desenvolupat unes superfícies en el ànode i càtode, més grosses que les necessàries per soldar-los, per ajudar a la dissipació tèrmica del LED.

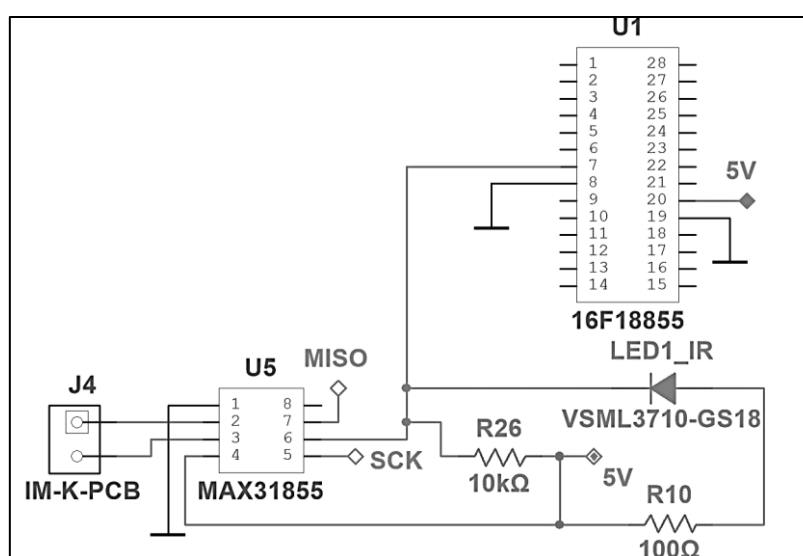


Figura 4. Connexió sensor SPI i emissor infraroig

El receptor infraroig és un BP104S-Z aquest és de muntatge superficial, igual que el LED i és un fotodíode passiu, no està ni amplificat ni filtrat. En el cas de usar-lo com a receptor d'un comandament a distància comercial s'haurà de filtrar per programa la senyal portadora de la comunicació.

El fotodíode canvia el voltatge llinda en funció de la quantitat de llum infraroja que rep. Amés necessita una quantitat de intensitat limitada per una resistència. Un cop obtenim el voltatge llinda aquest es comparà amb un voltatge de referencia. Aquest és ajustable amb un potenciòmetre.

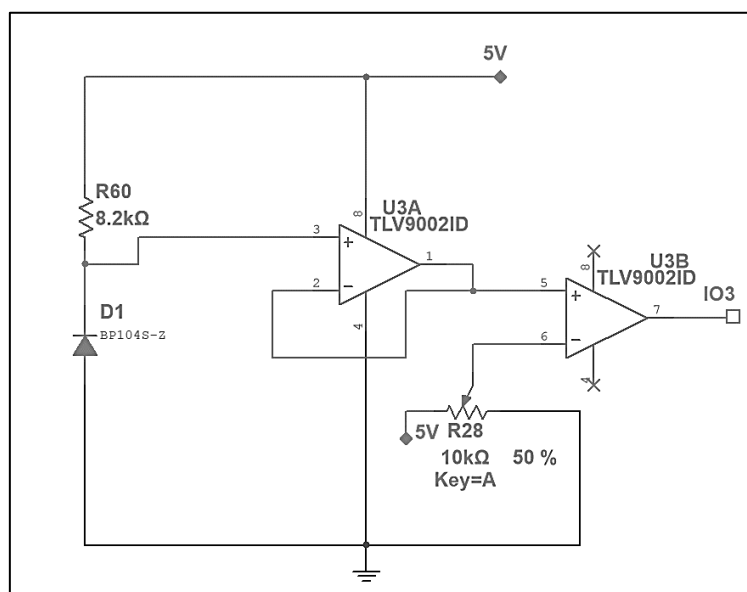


Figura 5. Receptor infraroig i comparador

### 2.5.4 LED RGB

La placa té un LED RGB, aquest està en el centre de la placa. Aquest LED el podem usar per diverses coses, des de la identificació dels membres que organitzen l'esdeveniment mitjançant un codi cromàtic fins a la comunicació de colors entre plaques. Perquè aquesta comunicació sigui possible s'ha d'incorporar un sensor de color pel port I<sup>2</sup>C.

El LED ASMB\_MTB1\_0A3A2 té els tres colors bàsics vermell, verd i blau. Amb aquests colors podem fer qualsevol color del espectre visible. El LED està controlat per tres mòduls de ample de pols variable del microcontrolador.

El LED està dissenyat per donar la màxima il·luminació possible, això fa que es superi la intensitat que pot subministrar un pin digital del PIC, però aquest està controlat pels mòduls PWM del controlador que tenen una capacitat per subministrat energia més alta. Amb el mòdul del PWM el LED no necessita transistor per il·luminar-se a la seva màxima potència.

Per poder dissipar tota aquesta energia en el ànode del LED s'hi ha dissenyat una superfície de dissipació més gran del compte. D'aquesta manera pot estar encès de color blanc (els tres díodes al 100%) durant tot el dia sense patir una tenir sobre temperatura.

Els mòduls d'ample de pols que il·lumina cada LED és de 10 bits, això ens permet obtenir un rang de colors molt ampli i precís

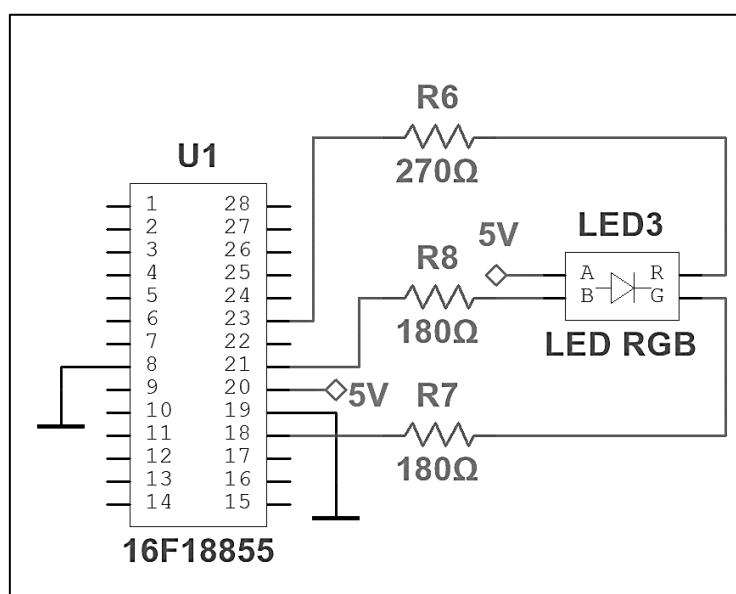


Figura 6. LED RGB

## 2.6 UART

La comunicació sèrie és un estàndard de comunicació que s'utilitza amb molts de sensors i actuadors, com per exemple GPS, ZigBee, empremtes digitals, gasos, etc. Amés és un protocol molt utilitzat pels ordinadors personals, el protocol RS232, utilitza el UART amb nivells de voltatge específics per recorre llargues distàncies.

El PIC té aquest protocol amb nivells de TTL, de 0 a 5V, i aquesta comunicació és fàcil passar-la a USB per ser llegida com a port COM dins d'un PC. Això ens permet desenvolupar aplicacions on intervingui un ordinador amb la placa. Un repte seria fer un aplicació que la placa pugues consultar la hora a internet a través d'un ordinador o d'un telèfon mòbil android amb un Bluetooth. Transferir dades del acceleròmetre, passos realitzats, la temperatura, etc.

El connector UART és el mateix que el ICSP, d'aquesta manera el connector per on es programa el dispositiu també permet la comunicació sèrie, aprofitant el connector i l'espai de la placa.

## 2.7 Alimentació

Des del primer moment és va intentar que la placa funcione amb bateries recarregables de liti, el problema era el regulador commutat amb voltatge de sortida a 5V, molt d'ells estan pensat per plaques que consumeixen poca intensitat i per culpa la pantalla LCD escollida i l'alt consum dels LEDs.



el consum elevat de tota la placa provocava molta temperatura en el circuit regulador i acabava al llarg d'una hora aquest començava a interrompre el subministrament. La solució trobada va ser utilitzar bateries de Ni-Cd de 9V amb un regulador lineal 78M05, aquest té un corrent de sortida de cinc-cent mili-ampers.

La bateria de 9V té una autonomia de 15 hores, suficient per durar un dia de conferència i carregar-les durant la nit. En els moment que no era necessari mantenir la placa en marxa té un interruptor per desconnectar l'alimentació de la placa.

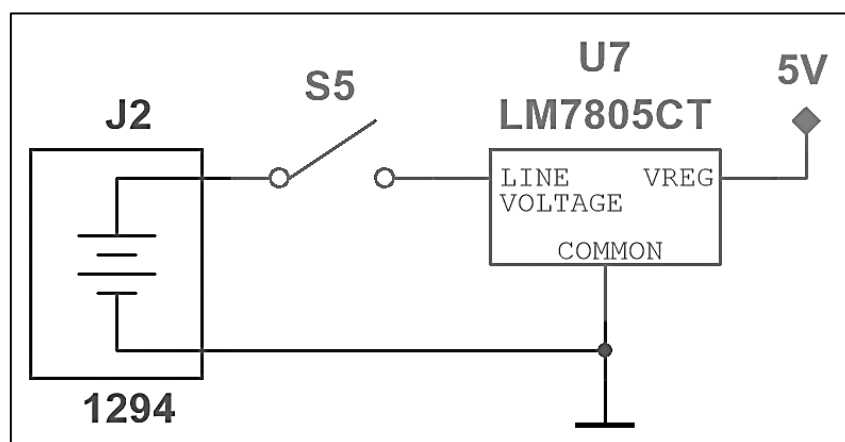


Figura 7. Alimentació de la placa

### 3 Lliurament

El lliurament de la placa es realitzarà amb un programa de test, aquest ens mostrarà les principals funcions de la placa, tota la placa completament soldada i comprovada. Alguns accessoris com la pila de 9V, termoparell tipus K, el cable de programació i el PicKit 4 de programació i depuració els haurà de tenir el comprador i no es subministraran amb el lliurament.

#### 3.1 Programa de test

La placa tindrà un petit programa de sèrie, aquest programa farà una petita mostra de les capacitats de la placa. Haurà de funcionar els quatre pulsadors, la pantalla, el LED RGB, el LED de la pantalla, el protocol I<sup>2</sup>C i el SPI.

En el moment que posem en marxa la pantalla mostra l'esdeveniment "OVERDRIVE Con" a la part superior de la pantalla i a la inferior "2018 CD170 UdG". El LED RGB apagat igual que la il·luminació de la pantalla. Un cop encesa la placa cada boto fa una funció diferent i ens permet usar diferents funcions de la placa.

Amb el boto de pujar s'encén el LED RGB de color vermell i LED de la pantalla, el missatge de la pantalla canvia, Surt "DefCon Girona" a la fila superior i a la inferior "DefCon Group 170". En aquest menú es podria posar un grup de hackers els quals se'ls hi regali la placa, com per exemple la DC801, que és de Utah EUA.

Amb el pulsador de baixar ens mostra la hora de Catalunya, amb la pantalla encesa i el LED RGB de color blau ens mostra a la fila superior "Catalonia's Time" i la zona inferior surt la data i la hora definida pel programa. Aquesta hora no es pot canviar des de la placa.

Amb el boto de accés el LED RGB regula la intensitat de color blanc amb funció de la entrada analògica. Amb es mostra la temperatura de la junta freda del sensor SPI i la pantalla romà encesa.

Finalment amb el pulsador omet torna a visualitza el missatge del moment de la encesa i amb els LEDS apagats.

El programa de test no mostra el funcionament del UART ni la comunicació infraroja.

#### **4 Resum del pressupost**

S'ha dissenyat una placa perquè els assistents del OVERDRIVE Conference aprenguin a programar un PIC 16F18855. La placa havia de generar un seguit de reptes pels participants, aquests són de enginyeria inversa d'electrònica i de cyber-seguretat.

El client haurà de tenir el programador, pila, termoparell i cables per tenir els accessoris mínims per poder-la programar, ja que no s'inclouen amb el lliurament de la placa.

L'Import total del projecte sense IVA és de mil cent onze euros amb quaranta-cinc cèntims.

## 5 Conclusions

La placa permet realitzar practiques amb entrada i sortida digital. Amés a més entrades i sortides analògiques i finalment comunicar-se digitalment per SPI, I<sup>2</sup>C i UART.

El disseny ha té una pantalla LCD 16x2 HD44780, comunicada amb 4 bits.

L'entrada analògica és una LDR amb guany i compensació analògica, però amb filtre digital processat pel microcontrolador.

El disseny permet que les plaques es puguin comunicar per infrarojos. L'emissor i el receptor infraroig són sense modulació això permet desenvolupar protocols personalitzats. Amés podem llegir senyals amb portadors.

La comunicació SPI s'hi es realitza amb sensor termoparell i la comunicació I<sup>2</sup>C amb un RTC<sup>2</sup>, un acceleròmetre i un port de connexió extra per comunicar-se amb altres plaques.

La comunicació UART es realitza a través del connector ICSP de programació.

Eudald Arbós Camps

Graduat en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica.

Santa Coloma de Farners, 29 Novembre del 2018.

## **6 Relació de documents**

La placa educativa OVERDRIVE consta de cinc documents independents, aquests són la memòria, els plànols, el plec de condicions, l'estat d'amidaments i el pressupost.

## 7 Bibliografia

ADAFRUIT. Programming ADXL345. (<https://learn.adafruit.com/adxl345-digital-accelerometer/programming>, 26 de novembre de 2018).

HITACHI, LTI. HD44780U (LCD-II, Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Drive) ADE-207-272(Z) Rev0.0. 1999 (datasheet pdf).

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. MCP79410 Real-Time Clock/Calendar with SRAM i EEPROM. (<https://www.microchip.com/wwwproducts/en/MCP79410>, 26 de novembre de 2018).

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. MPLAB Code Configurator. (<https://www.microchip.com/mplab/mplab-code-configurator>, 26 de novembre de 2018).

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. MPLAB X IDE. (<https://www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide>, 26 de novembre de 2018).

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. MPLAB XC Compilers. (<https://www.microchip.com/mplab/compilers>, 26 de novembre de 2018).

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. PIC16F18855 8bits PIC. (<https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F18855>, 26 de novembre de 2018).

MIXIM INTEGRATED. MAX31855 Cold-Junction compensation Termocouple ADC. (<https://www.maximintegrated.com/en/products/sensors/MAX31855.html>, 26 de novembre de 2018).

TEXAS INSTRUMENTS INC. LM78M Series 3-Terminal 500m. (<http://www.ti.com/product/LM78M/technicaldocuments>, 26 de novembre de 2018).

## 8 Glossari

µC: Microcontroller

CPU: Central Processing Unit

DC170: DefCon 170

DCG: DefCon Group

EEPROM: Electrical Erasable Programmable Read-Only Memory

GPS: Global Positioning System

GUI: Graphical User Interface

I<sup>2</sup>C: Inter-Integrated Circuit

ICSP: In-Circuit serial Programming

IDE: Integrated Development Environment

LCD: Liquid crystal display

LDR: Light Dependant Resistor

MCC: MPLAB code configurator

OLED: Organic Light-Emitting Diode

PC: Personal Computer

PCB: Printed circuit board

PIC: Peripheral Interface Controller

PWM: Pulse-Width Modulation

RAM: Random Access Memory

RGB: Red Green Blue

RTC<sup>2</sup>: Real Time Clock Calendar

SMD: Surface Mounted Devices

SPI: Serial Peripheral Interface

SRAM: Static Random Access Memory

STEM: Science Technology Engineering Mathematics

TTL: Transistor-Transistor Logic

UART: Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

USB: Universal Serial Bus



**A. Programa**

El programes i les seves llibreries estan incloses en el CD del projecte. Per obrir el projecte s'ha es necessita el MPLAB X IDE i en el cas que és volgués compilar es necessita el MPLAB XC8.

**B. Característiques tècniques**

Alimentació	Pila de 9V PP3
Pulsadors	4 pulsadors de 260gf
Pantalla	LCD HD44780 16X2 il·luminada
LED RGB	LED amb ànode comú tricolor
Emissor infraroig	LED de 940nm
Receptor infraroig	Fotodíode de 940nm
Termoparell	Termoparell tipus K
Instrumentació termoparell	MAX 31855 Bus SPI
Entrada analògica	LDR
Relotge	MCP 79410
Programació i depuració	ICSP amb PICKit3 / PICKit4 / ICD 3 / ICD4

Taula 2. Característiques tècniques

### C. Motivació

L'any 2017 és va consolidar la *DEFCON170* és un grup de joves d'estudiants d'enginyeria i professionals relacionats amb les noves tecnologies i la cyber-seguretat. Des del grup, tot i ser una de les *DEFCON* més petites és va prendre la decisió de fer una placa dedicada com els grups més consolidats de la resta del món.

Una *DEFCON* és un grup de d'enginyers interessats amb les noves tecnologies i la seguretat informàtica que realitzen trobades de divulgació. Amés amb conferències internacionals on es confident altres DCG per promocionar una certa cohesió dins la cultura hacker.

Normalment les plaques desenvolupades dins d'una *DEFCON* intenten traslladar llegendes, tradicions i història de la regió on es troba ubicada el DCG. Des la DC170 es va proposar des d'un primer moment una placa rodona amb el símbol de la Cocollona, un cocodril amb ales de papallona que surt les nits de boira i lluna plena en el riu Onyar, El problema d'aquest fet mitològic era les limitacions de hackeig que permetia, és per aquesta raó que es va decidir fer una placa sense esperit gironí però un símbol de la enginyeria i comunitat de Girona.

Per desenvolupar la placa educativa vàrem tenir clar des del primer moment que havia d'identificar a Catalunya arreu del món. Per poder ser així s'hi va incorporar un rellotge I<sup>2</sup>C al qual tingués un defecte màxim de 5 minuts a l'any. El cristall de quarts i els condensadors del ressonador tenen una tolerància de fabricació i els canvis de temperatura molt baixa. D'aquesta manera els membres d'altres DCG podran tenir la hora catalana mentre no s'esgoti la pila auxiliar.

Per un altre banda havia de ser una placa que permeti generar reptes de seguretat informàtica i electrònica, per exemple apagar un projector durant una conferència, desxifrar un telegrama infraroig, accedir als blocs de memòria i tallers de enginyeria inversa del maquinari. A més a més ha d'incorporar un exemple dels principals protocols de comunicació digital, SPI, I2C I UART.

Per un altre costat cal navegar fàcilment pels menús, és per aquesta raó que s'ha dissenyat amb 4 pulsadors: pujar, baixa, accedir i sortir. Per la navegació dels menús de forma intuïtiva i ràpida. Amés la configuració aquesta ens permet fer pulsacions curtes i llargues obtenint moltes funcions amb pulsacions.

Ara cal establir la interfície entre l'home i la màquina, en aquesta ocasió varem sospesar diferents pantalles, LCD, OLED, sèrie, paral·lel, etc. Dintre totes les possibilitats varem decidir estalviar en costos i anar a la pantalla clàssica, LCD comunicació HD44780 paral·lel de 4 bits, contrast per potenciòmetre extern i de 16X2 caràcters. Aquesta pantalla amés de permetre que cada usuari pugui fer la seva pròpia llibreria també permet fer caràcters personalitzats.

La pantalla escollida permet que cada usuari faci funcions i llibreries especialitzades per l'aplicació que vulgui dur a terme, en aquest cas la senzillesa del protocol era un clar benefici per tallers de hacking.

Una altre exigència que volíem que es complís des de la DC170 era que no només fos una placa per la enginyeria inversa, ja sigui a nivell de programari, maquinari o per altres dispositius, sinó que els participants de les nostres conferències la poguessis programar, desenvolupar llibreries, protocols de comunicació i ampliacions necessàries. És per les raons anterior que s'ha deixat el connector del ICSP accessible a la placa i d'aquesta manera poder programar el pic.

La placa també ha de servir per identificar els voluntaris i voluntàries del esdeveniments, a la pantalla sortirà el seu nom i la seva responsabilitat. Amés, la responsabilitat, també s'indicarà amb el color del LED RGB d'aquesta manera serà fàcil identificar-nos amb participants d'altres països.

Finament es tracta d'una placa que haurem de dur a sobre, ha de tenir certa autonomia. El component més restrictiu és la pantalla LCD, aquesta perquè funcioni correctament s'ha d'alimentar a 5V, per aquesta raó tots els altres components han de ser compatibles a 5V.

## **C. Desenvolupar al programa**

Per desenvolupar el programari del controlador usarem el que ens proposa Microchip, el MPLAB X, aquest es gratuït i ens dona un entorn de desenvolupament integrat. Amés de l'entorn necessitem un compilador, la marca ens proposa el XC8, aquest està dedicat a controladors de 8 bits i té una versió gratuïta.

Amés a més el PIC 16F18855 té un entorn de configuració gràfica anomenada MCC, que ens permet reduir considerablement el temps per desenvolupar les llibreries de configuració dels diferents perifèrics del microcontrolador.

### **C.1 MPLAB X IDE**

MPLAB X IDE és un programa que s'executa en una PC (Windows®, Mac OS®, Linux®) per desenvolupar aplicacions per a microcontroladors Microchip i controladors de senyal digital. Es denomina un entorn de desenvolupament integrat (IDE) perquè proporciona un únic "entorn" integrat per desenvolupar codi per a microcontroladors incrustats.

L'entorn de desenvolupament integrat de MPLAB X ofereix una sèrie de funcions per millorar l'experiència de depuració durant la fase de disseny del projecte. Basat en l'IDE de NetBeans open source d'Oracle, Microchip és capaç d'afegir moltes funcions sol·licitades amb molta rapidesa i facilitat, alhora que proporciona una arquitectura molt més extensible per oferir-vos encara més funcions noves, incloent suport afegit per a dispositius AVR.

La diferència principal entre un controlador incrustat i un ordinador personal és que el controlador incrustat està dedicat a una tasca específica, en canvi l'ordinador està dissenyat per executar diversos tipus de programes i connectar-se a molts diferents dispositius externs.

Un controlador incrustat té una única tasca, això ens permet desenvolupar sistemes dedicats a baix cost. Moltes vegades per incloure la suficient quantitat de perifèrics, memòria i potència de processador s'ha d'escollir el model que millor s'adapta a cada necessitat per contra un ordinador personal té una unitat de processament central generalitzada relativament cara (CPU) al cor amb molts altres dispositius externs (memòria, discs, vídeo, xarxa, etc.) fent augmentar molt el cost del projecte.

## C.2 Compilador XC8

El compilador MPLAB XC8 C és un compilador ISO-C99 gratuït i optimitzador. Suporta tots els microcontroladors PIC® i AVR de 8 bits.

El compilador està disponible per a diversos sistemes Operatius, incloses les edicions Professionals de Microsoft® Windows® 7 (32/64 bits), Windows® 8 (64 bits) i Windows® 10 (64 bits); Ubuntu 16.04 (32/64 bits); Fedora 23 (64 bits) o Mac OS X 10.12 (64 bits).

El compilador està disponible en tres modes de funcionament: Gratis, Estàndard o PRO. Els modes de funcionament estàndard i PRO són modes de llicència i requereixen un número de sèrie per habilitar-los. El mode gratuït està disponible per a clients sense llicència. El compilador gratuït ens permet realitzar les mateixes funcions que les versions amb llicència. La diferència és només a nivell d'optimització emprat pel compilador, amb la versió gratuïta el programador haurà d'optimitzar correctament el codi, mentre que les versions de pagament el compilador s'encarregarà d'aquesta optimització de les deferents memòries del PIC.

### C.2.1 Llenguatge

El compilador de XC8 ha declarat un nou format per identificar els tipus de enters d'una forma més dinàmica i senzilla. A totes elles surt int, si té el prefix u faríem referència a un enter sense signe, si no hi fos seria amb signe. Com a sufix té el numero de bits, 8,16,24 o 32, barra baixa t. A continuació es mostren a la taula:

Expressió en XC8	Bits del enter	Decimal
uint8_t	8 bits sense signe	0 a 254
int8_t	8 bits amb signe	-128 a 127
uint16_t	16 bits sense signe	0 a 65.535
int16_t	16 bits amb signe	-32.768 a 32.767
uint24_t	24 bits sense signe	0 a 16.777.215
int24_t	24 bits amb signe	-8.388.608 a 8.388.607
uint32_t	32 bits sense signe	0 a 4.294.967.295
int32_t	23 bits amb signe	-2.147.483.648 a 2.147.483.647

Taula 3. Tipus de dades.

Per definir constant i només cal afegir abans de const, ex: const uint8\_t analog = 0;

És molt important amb els microcontroladors gestionar correctament les diferents memòries que té, tal i com acabem de veure hi ha variables enteres, aquestes ocupen memòria RAM

per contra quan hi afegim const davant de l'enter aquest ocupa memòria de programa. El problema arriba quan nosaltres assignem un nom a un valor, com per exemple IRIN al pin 25, aquesta IRIN no és una constant, no cal que ocupi memòria i el podem declarar en el compilador com a #define IRIN 25, d'aquesta manera evitarem ocupar espai de la memòria per un assignació per facilitar la lectura del codi.

El XC8 també té altres encapçalats com els #include<nom.h> o bé #include<path>. Aquests serveixen per introduir llibreries en el nostre codi principal.

El compilador reconeix un string, una cadena de caràcters, com un array unidimensional de caràcters, tots dos són tractats amb les lleis del C Standard, per poder manipular Strings cal afegir la llibreria string.h. Aquesta inclou les següents funcions:

Funció	Descripció
Strcmp	Compara dos strings, retona boolear
Strncmp	Compara n caràcters entre dos strings
Strcpy	Copia la variable d'un string a un altre
Strncpy	Copia n caràcters d'un string a un altre
Strstr	Comprova si hi ha un string dins d'un altre
Strcat	Concatena dos strings
Strlen	Retorna la allargada d'un string
Strtok	Talla l'string per un determinat caracter

Taula 4. Funcions string.h.

De la mateixa manera podem treballar amb punters, amb les lleis del C Standard.

Els operadors lògics, de relació i de desplaçament es comporten de la mateixa manera que en C clàssic. De la mateixa manera les estructures lògiques, condicional i cas, com les estructures de bucle, mentre i per, funcionen exactament igual que ho fariem amb el C.

El més important del XC8, apart que és gratuït, és la facilitat amb la qual tens tot l'assemblador de la CPU, ens permet cridar tots els registres de memòria i instruccions de CPU al mig de les estructures del C. Aquesta transversalitat ens permet aprofitar el millor dels dos mons i desenvolupant aplicacions més ràpidament i robustes.

### **C.3 Configuració del codi amb entorn gràfic**

El MPLAB code configurator (MCC) genera el codi del controlador mitjançant una interfície gràfica d'usuari (GUI). Els controladors generats controlen els perifèrics dels microcontroladors PIC. La interfície gràfica d'usuari proporciona un mitjà senzill per configurar la configuració de la CPU, memòries, rellotges i perifèrics del PIC. MCC és un complement per al MPLAB® X IDE.

Adicionalment, l'MCC s'utilitza per configurar i generar biblioteques, aquestes permeten configurar i generar codi de dels recursos interns i components externs. MIKROE una empresa que desenvolupa plaques i recursos addicionals als microprocessadors. Algunes de les plaques també estan introduïdes en el MCC i d'aquesta manera configurar plaques d'aquest fabricant.

Els controladors o biblioteques generades es poden utilitzar en qualsevol aplicació i dispositiu PIC. MCC requereix crear un projecte de MPLAB X o obrir un projecte existent abans de llançar el connector MCC. Això és necessari perquè l'MCC necessita conèixer el dispositiu al qual ha de adaptar les llibreries. Utilitza el projecte per accedir a la informació específica del dispositiu, com ara registres, bits i configuracions. Un cop coneix el dispositiu configurar la interfície gràfica de l'MCC. El MCC genera fitxers d'origen i de capçalera basats en les seleccions realitzades a la GUI. Els fitxers generats s'afegeixen al projecte actiu de MPLAB X IDE.