

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Grau Enginyeria industrial.

Disseny d'un Controlador Universal de baix cost per aplicacions

industrials.

Memòria.

David Vega

GP12A

PONENT: Julian Horrillo.

PRIMAVERA 2015



**TecnoCampus
Mataró-Maresme**

Dedicatòria

Els resultats d'aquest projecte estan dedicats a totes aquelles persones que,
d'alguna manera, han format part de la seva creació.

Agraïments

Els meus agraïments van dirigits al senyor Julian Horrillo com a ponent d'aquest TFG, al senyor Antonio Ortel per proporcionar part del material, als docents que m'han proporcionat prèviament coneixements sobre les matèries tractades en el TFG, tant del Tecnocampus com de l' IES escola de treball (Granollers). D'aquest últim institut en especial al professor Rafael Aranda per la seva pàgina Web www.alciro.org on comparteix molts coneixements de matèries tractades al TFG.

També vull agrair a la meva família i a la meva parella per facilitar-me la vida a l'hora de combinar feina i estudis.

Per últim, agrair a en Jose Tirado pel seu TFG “Millora i ampliació del microcontrolador universal. Connectivitat a internet.”, ja que molta informació m'ha sigut útil per a l'execució del TFG.

Resum

Aquest projecte tracta sobre la realització d'un controlador de baix cost, amb facilitat d'implementació pel part del client, esta recolzat als TFG d'en Jose Manuel Barroso i en Jose Tirado del 2010, i te com objectiu personal ampliar els meus coneixements sobre informàtica industrial.

Resumen

Este proyecto trata sobre la realización de un controlador de bajo coste, con facilidad de implementación por parte del cliente, está apoyado en el TG de Jose Manuel Barroso y Jose Tirado del 201, y tiene como objetivo personal ampliar mis conocimientos sobre informática industrial.

Abstract

This project is about the built of low cost universal controller, with an easy implementation for the customer. This project has the contribution of Jose Manuel Barroso and Jose Tirado with their respective projects on 2010. Its project is done as a personal objective for inherit more knowledge about, microcontrollers and programing.

Índex de Documents

1- Memòria

2- Plànols

3- Estudi econòmic

4-Avantprojecte.

5- Annexos

Índex de Continguts

Índex de Figures	V
Índex de Taules.....	IX
Glossari de termes.	XI
1. Objectius.....	1
1.1. Propòsit.....	1
1.2. Finalitat.....	1
1.3. Objecte.....	1
1.4. Abast.....	1
2. Objecte del projecte.....	3
3. Antecedents i necessitats d'informació.....	5
3.1. Necessitats actuals al mercat.....	5
3.2. Productes que existeixen al mercat.....	5
4. Abast del projecte.....	9
5. Objectius i especificacions tècniques.....	11
6. Descripció tècnica de la solució final.....	15
6.1. PIC18F97J60-I/PF	18
6.1.1. Introducció al PIC18F97J60-I/PF.....	18
6.1.2. Característiques mes rellevants del PIC1897J60-I/PF.....	18
6.1.3. Configuració prèvia del PIC18F97J60.....	22
6.2. Acondicionaments Generals.....	24

6.2.1. Alimentació	24
6.2.2. Reset.....	26
6.2.3. Relotge.....	26
6.2.4. LED de proves.....	27
6.3. Sortides digitals.....	27
6.3.1. Disseny sortides digital optocoblades i alta càrrega.....	28
6.3.2. Programació sortida digitals optocoblades i alta carrega.....	31
6.4. Entrades digitals.....	32
6.4.1. Disseny d' entrades digitals optocoplades.....	33
6.4.2. Programació d'entrades digitals optocoblades.....	36
6.5. Sortides analògiques.....	37
6.5.1. Disseny de les sortides analògiques.....	37
6.5.2. Convertidor analògic digital I2C DAC6574.....	39
6.5.3. MSSP2 del PIC18F97J60.....	42
6.5.4. Programació de sortides analògiques.....	44
6.6. Entrades analògiques.....	46
6.6.1.Disseny de les entrades analògiques.....	46
6.6.2. Mòdul ADC del PIC18F97J60.....	48
6.6.3. Programació sortides analògiques.....	50
6.7. Mòduls PWM.....	51
6.7.1.Introducció a inversors trifàsics per PWM.....	51

6.7.2. ECCP i CCP del PIC18F97J60	53
6.7.3. Disseny de les sortides PWM.....	55
6.8. Interfície Persona Màquina.....	56
6.8.1. LCD03 blau S310127 i teclat matricial.....	56
6.8.2. Disseny de l'HMI.....	57
6.8.3. Protocol de comunicació I2C del HMI del LCD03.	58
6.9. Comunicació per sistemes distribuïts.....	60
6.9.1. Norma RS485.....	60
6.9.2. Transceptor MAX3080CPD.....	64
6.9.3. Eusart2 mode asíncron per RS485.	65
6.9.4. Disseny del port de comunicació RS485.....	67
6.10. Port Sèrie RS232.....	68
6.9.1. Norma RS232.....	68
6.9.2. Transceptor MAXRS232N.....	69
6.9.3. Eusart1 mode asíncron per RS232.	71
6.9.4. Disseny del port de comunicació RS232.....	74
6.11. Comunicació PC → CUBC.	75
6.11.1. Aplicació de prova del RS232 al PC.....	75
6.11.2. Definició del protocol PC → CUBC.....	77
6.11.3. Funcionament Firmware i Software Prova RS232.....	78
7. Planificació.....	81

7.1. Planificació prevista del projecte.....	83
7.2. Seguiment de l'execució del projecte.....	85
7.3. Anàlisi de les desviacions de la planificació.....	88
8. Impacte ambiental.....	91
9. Conclusions.....	93
9.1. Desviacions respecte l'avantprojecte.....	93
9.2. Anàlisi de l'assoliment de l'abast i especificacions tècniques.....	93
9.3. Futures línies de millora del CUBC.....	95
10. Referències.....	97

Índex de Figures

Fig. 2.1. C351 ABB (https://library.e.abb.com/).....	6
Fig. 6.1. Estructura CUBC. (Elaboració Pròpia).....	15
Fig.6.2. PIC18F97J60-I/PF (Datasheet).....	18
Fig. 6.3. Arquitectura PIC18F97J60-I/PF (Datasheet).....	21
Fig. 6.4. Connexió regulador de tensió.....	22
Fig. 6.5. LM2940CT-5.0/NOPB (www.farnell.es).....	25
Fig. 6.6. LM3940IT-3.3/NOPB (www.farnell.es).....	25
Fig. 6.7. Esquema alimentació. (Elaboració pròpia).....	25
Fig. 6.8 Resistència tèrmica. (Farnell.es).....	26
Fig. 6.9. Esquema Reset. (Elaboració pròpia).....	26
Fig. 6.10. Esquema Rellotge. (Elaboració pròpia).....	27
Fig. 6.11. Optodarlington PS2502-4 (datasheet).....	29
Fig. 6.12. Esquema sortides digitals amb fotodarlington. (Elaboració pròpia).....	30
Fig. 6.13. Optoacobrador TLP504A-2. (www.farnell.es).....	34
Fig. 6.14. Esquema sortides digitals amb optoacobrador. (Elaboració pròpia).....	35
Fig. 6.15. DAC6574. (Datasheet PIC18F90J60).....	38
Fig. 6.16. Amplificador Operacional LM324N (Datasheet LM324N).....	38
Fig. 6.17. Circuit amplificador no inversor. (Apunts EA Salvador Alepuz).....	39
Fig. 6.18. Esquema sortides analògiques. (Elaboració pròpia).....	39
Fig. 6.19. Cadena de resistències. (Datasheet DAC6574).....	40
Fig. 6.20. HS-Mode Master Code. (Datasheet DAC6574).....	41

Fig. 6.21. Byte d'adreça. (Datasheet DAC6574).....	41
Fig. 6.22. Byte de control. (Datasheet DA6574).....	41
Fig. 6.23. Power down mode table. (Datasheet 6574).....	42
Fig. 6.24 MS i LS byte. Dataheet (6574)	42
Fig. 6.25 Configuració MSSP. (Elaboració pròpia)	45
Fig. 6.26. Divisor de tensió (Elaboració pròpia).	47
Fig. 6.27. Seguidor de tensió (Apunts EA, Salvador Alepuz).....	48
Fig. 6.28. Esquema entrades analògiques. (Elaboració pròpia).....	48
Fig. 6.29. Configuració PCFG3:PCFG0. (Datasheet PIC18F97J60)	49
Fig. 6.30. Inversor Trifàsic. (Apunts EP Salvador Alepuz)	52
Fig. 6.31. Modulació per PWM. (Apunts EP prof. S.Alepuz)	53
Fig. 6.32. Diagrama simplificat ECCP. (Datasheet PIC18F97J60)	54
Fig. 6.33. Resolució màxima del duty cycle del ECCP (Datasheet PIC18F97J60)	54
Fig. 6.34. Modes de Funcionament del PWM. (Datsheet PIC18F97J60)	55
Fig. 6.35. Esquema circuit PWM.	56
Fig. 6.36. Mòdul I2C i Sèrie 2x16 LCD03 blava S310127. (www.superrobotica.com)	57
Fig. 6.37. Connexions i ponts LCD03 (www.superrobotica.com)	57
Fig. 6.38. Esquema de connexions HMI. (Elaboració pròpia.)	58
Fig. 6.39. Estructura byte de dades teclat. (www.superrobotica.com).	59
Fig. 6.40. Taula de control del LCD03 (www.superrobotica.com).....	60
Fig. 6.41. Connexió Full-Duplex punt a punt en RS485 (alciro.org porf. R.Aranda)	62
Fig. 6.42. Connexió Full-Duplex multipunt en RS485 (alciro.org porf. R.Aranda)	62

Fig. 6.43 Connexió Half-Duplex multipunt en RS485 (alciro.org porf. R.Aranda).....	63
Fig. 6.44. Terminació de línies. (www.alcipro.org prof. R.Aranda).....	64
Fig. 6.45. MAX3080CPD. (Datasheet)	65
Fig. 6.46. Esquema de connexions del port RS485.....	68
Fig. 6.47. Descripció connector DB9 en RS232.	69
Fig. 6.48 Diagrama lògic MAXRS232N. (Datasheet)	70
Fig. 6.49. Formula de càlcul de la velocitat de transmissió. (Datasheet)	73
Fig.6.50. Esquema de connexions del port RS232	74
Fig. 6.51. Pont virtual.....	75
Fig. 6.52. Virtual Serial Port Emulator. (Elaboració pròpia)	76
Fig. 6.53. Transmissió de cadena per RS232. (Elaboració pròpia)	76
Fig. 6.54. Recepció de cadena per RS232. (Elaboració Pròpia).....	77
Fig. 6.55 Aplicació RS232 PC. (Elaboració pròpia).	79
Fig. 7.1. Planificació prevista part 1. (Elaboració pròpia).....	83
Fig.7.2. Planificació prevista part 2. (Elaboració pròpia).....	84
Fig. 7.3. Seguiment de l'execució part 1. (Elaboració pròpia).....	85
Fig. 7.4.Seguiment de l'execució part 2. (Elaboració pròpia).....	86

Índex de Taules.

Taula 6.1. Tensió a les entrades.....	19
Taula 6.2. Descripció dels pins del microcontrolador associats a sortides Digitals.	28
Taula 6.3. Descripció dels pins del microcontrolador associats a entrades Digitals.	33
Tabla 6.4. Descripció dels pins del microcontrolador associats a entrades Analògiques	46
Taula 6.5. Característiques de terminacions de RS485	64
Taula 6.6. Descripció dels pins del microcontrolador associats a RS485.	67
Taula 6.7. Característiques principals RS232. (www.alciro.org prof. R.Aranda).....	69
Taula 6.8. Descripció dels pins del microcontrolador associats a RS232.	74
Taula 6.9. Trama PC→CUBC (Elaboració pròpia).....	78
Taula 6.10. Trama PC→CUBC (Elaboració pròpia).....	78
Taula 7.1. Tasques, costos, recursos i dates. (Elaboració pròpia)	88
Taula.8.1. Repercussions mediambientals del projecte.....	91

Glossari de termes.

AC	Altern Current. Corrent alterna
CMOS	Complementary Metal-Oxide-Semiconductor. Semiconductor
DAC	Digital to Analog Converter
DC	Direct Current. Corrent continua
E/S	Entrades Sortides
EA	Electrònica Analògica
CCP	Capture Compare PWM
ECCP	Enhanced Capture Compare PWM
EP	Electrònica de Potència
EUSART	Enhanced Universal Asynchronous Synchronous Receiver
Transmitter.	
HMI	Human Man Interface. Interfície persona màquina
HS	High Speed
I2C	Inter-Integrated Circuit. Estandar de comunicació
IGBT	Isolated Gate Bipolar Transistors.
LED	Light Emitter Diode
MHz	Mega hertz, freqüència d'un milió per segon.
MIPS	Million Instructions Per Second
MSSP	Master Serial Synchronous Port
OSI	Open System Interconnection

PH	Nivell d'acidesa o basicitat
PLC	Program Logic Controles
PWM	Pulse Width Modelation.
RISC	Reduced Intruccion Set Computer.
SFR	Special Function Register
SO	Sistema Operatiu.
SP	Stack Ponter.
SPI	Serial Peripheal Interface.
TFG	Treball de Final de Grau.
TQFP	Thin Quad Flat Package.
UART	Universal Asynchronous Reciever-Transmitter

1. Objectius.

1.1. Propòsit.

L'objectiu d'aquest projecte és realitzar un controlador de gran versatilitat per entorns industrials i de baix cost, amb un nombre raonable de E/S tant digitals com analògiques. Capaç de fer controls tan seqüencials com continus, amb ports de comunicació estàndards industrials tant per desenvolupar (PC), com per interactuar i controlar motors. També ha de tenir una interfície per modificar paràmetres.

1.2. Finalitat.

La finalitat és assolir el propòsit a un baix cost, que sigui fàcil de desenvolupar projectes d'automatització i un producte rentable per la seva comercialització.

1.3. Objecte.

Es vol seleccionar correctament components i estratègia a seguir per assolir les finalitats i objectius descrits anteriorment.

1.4. Abast.

Es pretén realitzar el disseny i càlculs de hardware del controlador, basat en un microcontrolador i adaptar-lo elèctricament a entorns industrials d'E/S digitals i analògiques i ports de comunicació (desenvolupament i interacció).

Per altre banda, es pretén implementar un prototip sobre el qual es descarregaran diversos programes (firmware), per comprovar la seva funcionalitat.

Per últim es comprovarà comunicació amb el PC per un port independent al de desenvolupament del microcontrolador seleccionat i es descriurà una arquitectura sobre la qual es podria desenvolupar un software de desenvolupament de programes per aquest producte en un futur.

2. Objecte del projecte.

Disseny de hardware y software d'un controlador universal de baix cost, amb entrades i sortides digitals optocoblades, buferades i directes, entrades i sortides analògiques, sortides PWM amb reguladors, capaç de controlar aplicacions industrials o altres; com per exemple, el funcionament d'un dosificador de sòlids industrials capaç d'establir comunicacions industrials.

L'objectiu es proporcionar al potencial mercat una solució flexible, econòmica i fàcil d'implementar, amb un SW informàtic amb programes desenvolupats per certes aplicacions i que el client final només haurà de parametritzar. Es definirà l'arquitectura a seguir i es demostrarà la comunicació però no s'arribarà a implementar el software.

Un dels punts important del projecte es el baix cost i les dimensions. Per tant, haurem d'incorporar el màxim de funcionalitats a un baix cost i es molt interesant que les dimensions siguin reduïdes per poder implementar-lo dins d'un armari elèctric petit amb una fàcil connexió a un travesser DIN estàndard dels armaris elèctric. Per tant, a la selecció dels components es tindrà en compte les seves dimensions.

Per les comunicacions treballarem amb RS232 y RS485, per comunicacions mestre esclau, control distribuït i desenvolupament amb PC.

Un punt innovador es deixar obert el port de desenvolupament, per a que el client pugui explotar de la manera que vulgui totes les funcionalitats del controlador.

3. Antecedents i necessitats d'informació.

En primer lloc, anomenar a José Tirado Cejudo, el qual va desenvolupar al 2010 projectes sobre microcontroladors universals, sobretot en l'àrea de comunicació, i han fet una gran aportació en quant a dubtes tècnics i recerca d'informació.

A continuació, definirem controlador industrial universal, com un dispositiu capaç de realitzar controls seqüencials, lògics, analògics, de processos y maquinaria industrial. Per tot això han de tenir certes característiques i funcionalitats.

3.1. Necessitats actuals al mercat.

En l'actualitat trobem podríem definir diferents tipus de necessitats en l'àmbit de l'automatització industrial.

- ✓ Empreses especialitzades en maquinaria concreta en un àmbit amb un alt coneixement sobre el seu procés com podrien ser màquines d'injecció. Aquest tipus d'empreses solen arribar a un punt en el que troben solucions propietàries.
- ✓ Empreses de gran consum que necessiten automatitzar processos més senzills, com activar-desactivar diferents tipus d'actuadors, com cintes, bombes, motors, controls de cabals, temperatura pH, i altres. Aquestes empreses poden encarregar-se autònomament d'aquests projectes o encarregar-li alguna tercera que els dugui a terme. Aquest és el l'espai on es vol introduir el nostre producte.

3.2. Productes que existeixen al mercat.

Abans de decidir completament les característiques i funcionalitats del nostre controlador, farem un estudi dels actuals productes que es troben al mercat de les principals marques com per exemple, ABB, Siemens, Omron, Shneider i Rockwell.

A continuació un exemple del C351 de ABB:

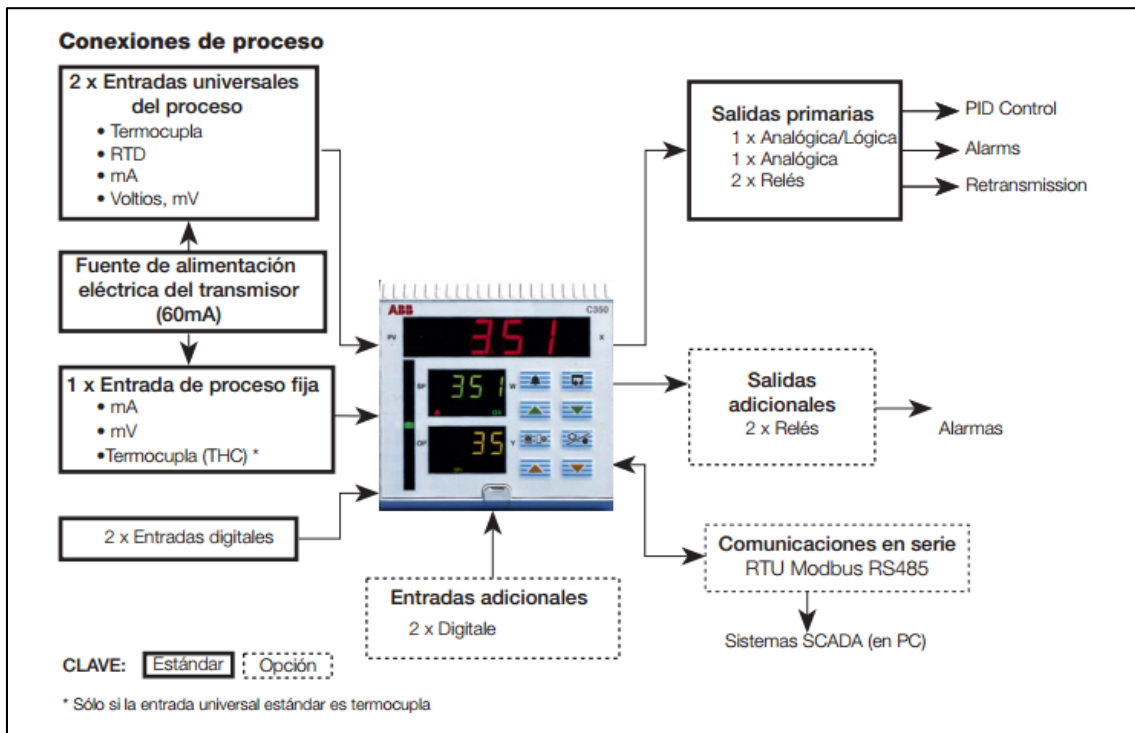


Fig. 2.1. C351 ABB (<https://library.e.abb.com/>)

La major part dels casos estudiats tenen un ventall de característiques similars entre ells independentment del fabricant. A continuació es descriuran les més rellevants.

- Entrades i sortides digitals, depenent de la gamma del model i el fabricant ens podem trobar dispositius que tenen entre 4 i 32 E/S digitals, majoritàriament amb referència a tensions baixes o tensió de referència externa, en mode comú o individual, fins i tot amb sortida de relés.
- Entrades i sortides analògiques, en aquest cas trobem des de controladors que no disposen d'entrades i sortides analògiques, els que disposen d'entrades i sortides digitals tenen entre 2 i 4 E/S i algun cas que compta amb 8, també hi ha versions que disposen de mòduls per ampliacions, per casos específics amb aquesta necessitat.
- HMI: Alguns controlador tenen interfície per parametritzar o per l'ús de l'usuari final.

- En quant a comunicacions, la major part fa servir comunicacions amb RS485 molt utilitzat en entorn industrial i d'altres ethernet. D'altres combinen les dues opcions i fins i tot ens trobem amb busos de comunicacions propis d'alguna marca per interactuar amb altres dispositius de la seva marca, també hi ha casos que utilitzen comunicació RS-232 per la seva fàcil implementació.

Es interessant saber que alguns controladors que comencen a tenir connectivitat sense cables per radiofreqüència, GSM/GPRS, però amb versions molt superiors o afegint mòduls.

- S'han trobat casos amb controls de llaços tipus PID, molt útil en aplicacions industrials, i sortides amb PWM per control de motors

També s'han estudiat PLC's de las grans marques, com Siemens, Omrom i Rockwell, els quals inclouen totes les funcionalitats descrites en el mòdul principal o ampliant amb altres, i moltes més possibilitats, com control d'eixos, funcions per bases de dades (Historian) i connectivitat amb sistemes MES.

També hi ha casos especials com els controladors de Nationation Instriments, que treballen sota OS Windows per fer treballar el seu software Labviewe. Aquets últims estarien en un grup diferent de dispositius.

4. Abast del projecte.

El projecte pretén donar solució al desenvolupament d'un controlador industrial de baix cost amb un ventall de característiques que ofereixen versatilitat al client i que serà la primera versió d'una gamma de controladors.

En aquest apartat es definirà el que es farà en el projecte.

- ✓ Esquemes electrònics alimentació, E/S analògiques i digitals, reset, port de desenvolupament (ICD3), PWM per control de motors AC, port de comunicació RS232 i RS485, teclat i pantalla, i per últim microcontrolador escollit.
- ✓ Realització de prototip on es s'executaran els esquemes definits anteriorment.
- ✓ Firmware de prova de funcionalitat del prototip de les E/S analògiques, sortides analògiques, i port de comunicació RS232. Aquest últim es combinarà amb una aplicació informàtica també a desenvolupar, que comunicarà amb el prototip, actuant sobre les sortides e interpretant les entrades. Demostrant així la possibilitat de realitzar un software per al desenvolupament d'aplicacions a mes alt nivell en un futur.
- ✓ Aplicació informàtica que comunicarà amb el prototip, actuant sobre les sortides e interpretant les entrades.

En el projecte no es realitzaran les accions determinades a continuació:

- Disseny del circuit imprès.
- Disseny de carcassa del producte final.
- No es realitzarà provatura del prototip en algun procés per falta de recursos.

5. Objectius i especificacions tècniques.

Amb la realització d'aquest projecte es pretenen assolir uns objectius específics orientats a satisfer les necessitats dels potencials clients a l'hora d'automatitzar processos industrials d'una complexitat mitjana baixa. Tot això a un baix cost. Per aquest motiu a continuació definirem les característiques del CUBC.

12 E/S :

- 8 E/S optoacobrades a 24 V DC. Es considera aquesta possibilitat ja que es molt comú trobar aquest tipus de tensions en quadres elèctrics de maniobra i als sensors discrets. Es podria dir que es més estandarditzat juntament amb els relés.

Per un altre banda, s'opta per optoacoblar-les, per garantir la seguretat del dispositiu en front d'un pic de tensió.

El número escollit es a raó d'estar en competència amb els dispositius més avançats de la competència en el seu mòdul principal.

Per últim, les sortides hauran de ser capaç de proporcionar com a mínim 30mA, per accionaments me de LEDs, relés i altres. Per tant, ha de disposar d'algun tipus de solució tipus Darlington que s'especifica mes endavant en el TFG.

- 4 E/S a petit voltatge (Tensió de funcionament del microprocessador escollit): Es contemplaran 4 E/S a petit voltatge per si l'usuari final vol afegir algun tipus de perifèric. El motiu d'aquesta implementació es donar funcionalitats a un baix cost ja que només s'haurà de contemplar el born de connexió.
- 4 E/S sortides analògiques 10 bits de resolució 0-10V: Es contempla que el CUBC interactuarà amb variables contínues com temperatura, cabals, PH i altres. Es tria 10 bits perquè es considera una resolució més que viable per al control de llaços complexos, per al tipus de variables industrials, tot i que la competència arriba a 16 bits de resolució. Es podria dir que es una resolució competent utilitzant menys recursos. Es tria 10V perquè es la tensió més normalitzada en E/S analògiques.

- Sortida PWM: Es una gran funcionalitat pel control de motors, es deixarà un port de connexió amb especificacions elèctriques i el microprocessador intern ha de disposar d'aquesta funcionalitat.
- Més de 8 MIPS per part del Microcontrolador intern: Per tal de poder realitzar controls de llaços tancats tipus PID sembla una velocitat de processament d'instruccions mes que adient i econòmicament accessible al mercat.
- Control tipus PID: El CUBC ha de tenir la funcionalitat de control en llaç tancat tipus PID, s'estudiarà la possibilitat de crear una funció per a que l'usuari final agregui els firmwares descarregats al CUBC.
- Comunicació tipus RS232: Tot i ser un estàndard de comunicació sèrie que porta molts anys al mercat, la seva facilitat d'implementació mantindrà un preu baix i serà molt factible com port de desenvolupament a alt nivell.
- Comunicació RS485: S'ha triat com port paral·lel per interactuar en sistemes distribuïts. Fàcil implementació i baix cost. S'implementarà només físicament i no es definirà el tipus de connector.
- Alimentació 24 V DC: Es la tensió mes normalitzada en els quadres de maniobra industrials a l'actualitat.
- Pantalla i teclat per interactuar: Com interfície persona-màquina, s'ha escollit una pantalla de 16 a 20 caràcters per 2 línies i de teclat numèric amb asterisc i coixinet, per confirmar o navegar. Existeixen moltes solucions fàcils d'implementar a baix cost al mercat.
- Watch dog timer: Ja que es treballarà amb microcontrolador creiem indispensable aquesta funcionalitat a l'hora de realitzar aplicacions a temps real en la qual seria molt crític entrar en un bucle infinit que deixés fora de les mans del CUBC el control del procés que està efectuant.
- Port de desenvolupament a baix nivell: Es deixarà obert el port de desenvolupament del microcontrolador intern triat que serà el (PIC18F97J60), això significa infinitat de possibilitats per a l'usuari final i serà a través de MPLAB X IDE i d'interfície ICD3.

- Port de desenvolupament a alt nivell: En un futur la intenció es crear un medi de programació extern al del microcontrolador intern. Per això, s'ha previst un port de comunicació RS232 i una aplicació que serà capaç d'interpretar l'estat de les entrades i actuar en les sortides, per demostrar aquesta possibilitat.

Totes aquestes especificacions tècniques es descriuran mes endavant el desenvolupament de la solució tècnica final.

6. Descripció tècnica de la solució final.

En aquest capítol es descriurà la solució final des d'un punt de vista tècnic, es a dir, explicacions del hardware escollit, explicacions sobre el disseny del circuit, càlculs i funcionalitats del disseny.

La selecció ha transcorregut seqüencialment de la següent manera. En primer lloc, s'ha seleccionat el microcontrolador PIC18F97J60-I/PF de Microchip, degut a que era el més adient per complir amb les especificacions tècniques, com s'explicarà en l'apartat 6.1.. En segon lloc, hem anat ocupant els recursos de manera de complir en primer lloc amb les E/S digitals i després amb la resta, degut al gran nombre d'E/S digitals del CUBC que ocupa gran part dels pins del PIC18F97J60-I/PF. En l'apartat específic de cada circuit es descriuran els pins que ocupa cada component.

A continuació un diagrama funcional de l'estructura de la solució final:

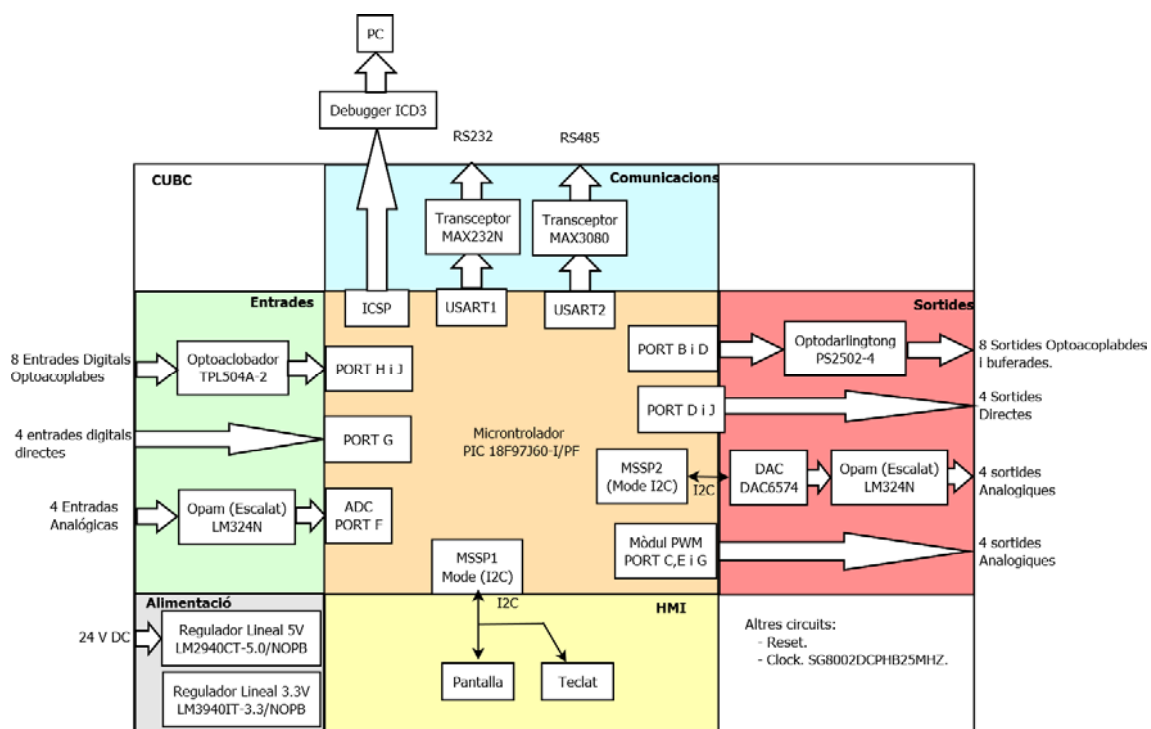


Fig. 6.1. Estructura CUBC. (Elaboració Pròpia)

Com es pot observar podem dividir el CUBC en diversos grups:

➤ Microcontrolador i circuits essencials per la seva posta en marxa:

Consisteix en un **PIC18F97J60-I/PF** que es el component principal del CUBC, circuit d'alimentació, un rellotge de 25 MHz i port de desenvolupament ICD3 a través d'un connector RJ11.

➤ Entrades:

En aquest apartat trobem **8 entrades digitals optoacoblades** per tal d' aïllar els circuits interns del CUBC del món industrial i així també adaptar a les tensions d'entrada del PIC18F97J60.

Per un altra banda, trobem **4 entrades digitals directes** que permetran ampliar funcionalitats internes a l'usuari final. Només caldrà estudiar el port idoni a escollir, mA, tensions, etc.

I per últim, **4 entrades analògiques**. Aquest circuit consisteix en escalar la tensió d' entrada de 0-10 V al rang de tensió de funcionament dels ports analògics del PIC18F97J60.

➤ Sortides:

En primer lloc, hi ha **8 entrades digitals optoacobladors i buferades**. Amb buferades es vol fer referencia a que s'ha utilitzat un fotodarlington en comptes d'un fototransistor per a augmentar la càrrega que es capaç de suportar a la sortida.

A continuació trobem 4 entrades digitals directes seguint la mateixa filosofia que en les entrades.

I finalment s'ha dissenyat un circuit de 4 sortides analògiques, el qual tenia el condicionant de que 10 bits de resolució per 4 ports són 40 pins del PIC18F97J60. Per tant, s'ha trobat la solució final de fer servir un DAC a través de I2C, ocupant únicament 2 pins del microcontrolador intern. A continuació, s'ha utilitzat un circuit d'escalat per passar d'una escala de 0-5V (rang de treball del DAC) a 0-10V com indiquen les especificacions tècniques.

➤ HMI:

Com interfície entre la persona i màquina s'ha optat per una **pantalla tipus LCD** que porta com complement opcional un **teclat numèric tipus telefònic**, el s'implementa en la solució final mitjançant comunicació **I2C**. Aquest es un producte que es comercialitza en www.superrobotica.com els quals tenen solucions innovadores a un cost raonable.

➤ Comunicacions:

RS232: Es el port sèrie del microcontrolador i s'ha implementat com port de desenvolupament de l'usuari final. El disseny del circuit es a traves d'un transceptor que connectarà la EUSART amb el bus de comunicació RS232 a través d'un connector DB9. Es realitzarà firmware i aplicació informàtica que demostrarà la comunicació entre PC i el CUBC.

RS485: Serà el port de comunicació en paral·lel en el qual podrà actuar com mestre o esclau. Només s'implementarà físicament a traves d'un transceptor i 4 pins de connexió de regleta.

Port ICD: Serà l'eina per desenvolupar firmware desagregables per l'usuari final. I el port sobre el qual treballarem per demostrar les funcionalitats.

Per altre banda, s'han utilitzat els següents softwares:

- OrCAD capture CIS per a la realització dels esquemes electrònics.
- MPLAB x IDE v2.35 per al desenvolupament de firmwares de prova del prototip.
- Borland Builder C++ 6 per al desenvolupament d'una aplicació informàtica per comunicar el port sèrie amb el CUBC.

6.1. PIC18F97J60-I/PF

El microcontrolador es la part més essencial del CUBC ja que es la part més condicionant del CUBC i en aquest apartat farem una descripció tècnica del component per saber perquè s'ha triat com solució final i les seves funcionalitats, quins són els circuits indispensables per començar a desenvolupar amb aquest microprocessador de Microchip i algunes característiques rellevants en aquest projecte.



Fig.6.2. PIC18F97J60-I/PF (Datasheet)

6.1.1. Introducció al PIC18F97J60-I/PF.

El PIC1897J60-I/PF de Microchip es un microcontrolador que incorpora el microprocessador de la gama 18F, aquest es un microprocessador de 8 bits amb un bus de dades de 8 bits i un bus de direccions de 8 bits en el mode convencional, encara que també es pot treballar en mode 16 bits de direccions en les gammes més altes o per direccionar a memòries externes. També cal a dir que el microprocessador segueix l'arquitectura tipus RISC que es caracteritza per interpretar instruccions de només un cicle. Funciona amb un mètode anomenat pipelining (canalització) que consisteix en la execució de parts o estats de diferents instruccions a l'hora per optimitzar el procés, i també caracteritzats per tenir un número molt elevat de SFR.

6.1.2. Característiques més rellevants del PIC1897J60-I/PF.

Com s'ha esmentat anteriorment es basa en un microprocessador de 8bits d'arquitectura RISC. Però ara es profunditzarà en detall dels perifèrics d'aquest microcontrolador, tals com ports d'E/S, comunicació i altres característiques.

- Estructura d'oscil·lador flexible: Disposa de dos modes de rellotge principal, en primer lloc, font externa de 2.78 a 41.67MHz, i en segon lloc, oscil·lador intern de 31KHz. També disposa de la possibilitat de d'un segon oscil·lador que es pot utilitzar a mode de temporitzador de 32KHz. Per altre banda, disposa de sistema de seguretat d'error que assegura el tancament de seguretat si es deixa de rebre la senyal del rellotge i arrencament a dues velocitats. El seleccionat serà font externa a 25MHz.
- 9 ports de E/S digitals: Cada un d'ells de 8 bits, excepte el PORT A que es de 6 bits, que comparteixen funcionalitat amb altres perifèrics del microcontrolador. Com especificacions elèctriques es pot dir que les entrades digitals des de 3.3V (Vdd) les inferiors a 5.5V. Hi han tres tipus de sortides digitals drive minimum (2mA), drive medium (8mA) i drive high (30mA).

Port or Pin	Tolerated Input	Description
PORTA<5:0>	VDD	Only VDD input levels tolerated.
PORTF<6:1> ⁽¹⁾		
PORTH<7:4> ⁽²⁾		
PORTB<7:0>	5.5V	Tolerates input levels above VDD, useful for most standard logic.
PORTC<7:0>		
PORTD<7:0> ⁽¹⁾		
PORTE<7:0>		
PORTF<7>		
PORTG<7:0> ⁽¹⁾		
PORTH<3:0> ⁽²⁾		
PORTJ<7:0> ⁽²⁾		

Taula 6.1. Tensió a les entrades.

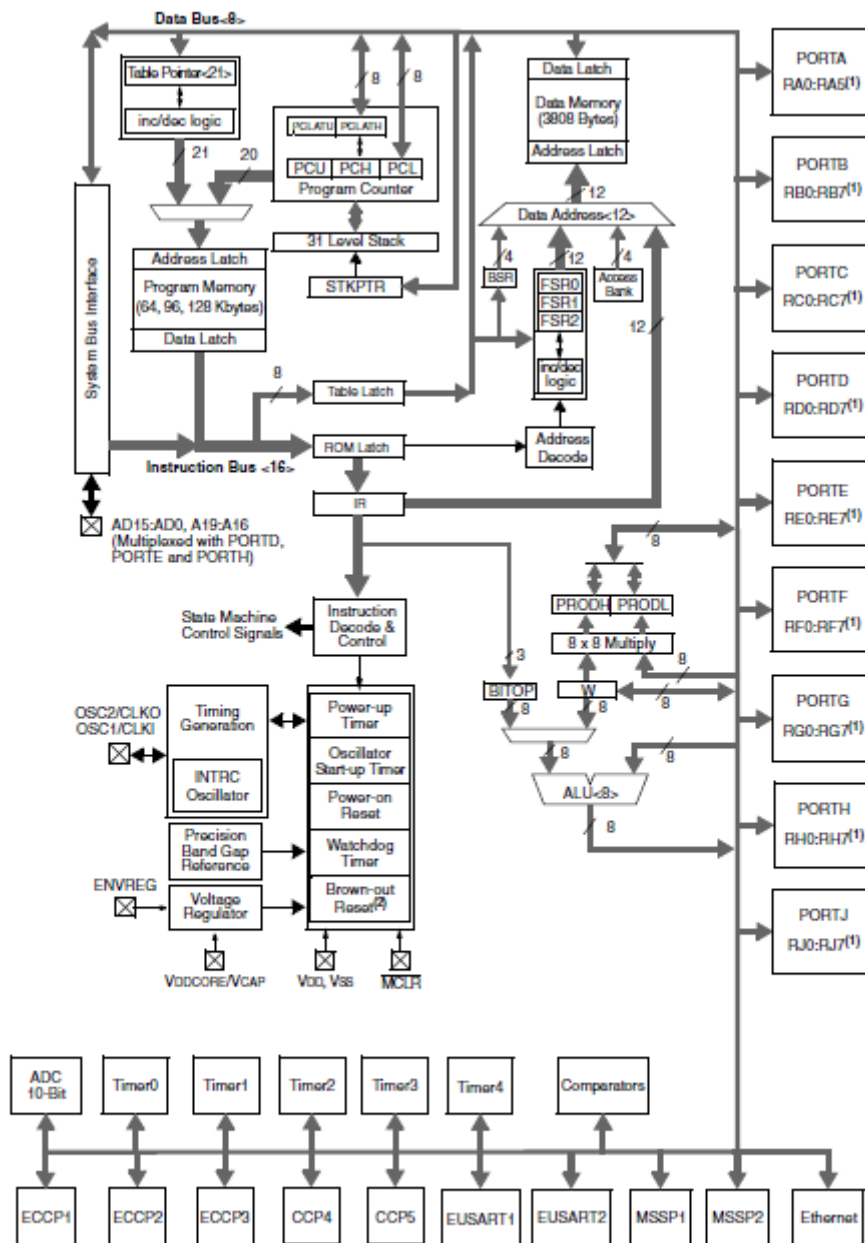
- Convertidor ADC: Compta amb 16 ports d'entrades que poden funcionar com 16 canals ADC de 10 bits de resolució.
- Convertidors digitals-analògics: Com sortides analògiques implementa aquest ports, però com ocupen un numero massa gran de pins que son necessaris per implementar les E/S digitals s'ha optat per inutilitzar aquesta funcionalitat en la solució final.
- 5 temporitzadors.

- 4 pins d'interruptió externa.
- Watchdog timer: Programable des de 4ms fins 134s.
- 2 ports MSSP: Suporta mode SPI i I2C com mestre i esclau.
- 2 Mòduls USART: Suporten protocols RS232, RS485 i LIN 1.2, d'aquesta manera es completen els punts de comunicació de les especificacions tècniques.
- 1 controlador Ethernet: compatible amb l'estàndard IEEE802.3 per poder establir connexió amb la xarxa o Internet.
- 3 Mòduls ECCP: ports de captura, comparació o PWM. En la solució final s'implementarà el PWM.
- Port ICSP: Compatible amb ICD amb tres punts de ruptura a través de 2 pins.
- Suport físic al desenvolupament : MPLAP ICD 3 serà el suport fix utilitzar per interconnectar el microcontrolador amb el ICSP. Com eina de desenvolupament, a part de connectar amb el PIC es capaç de fer córrer programes amb fins a 3 breakpoints i depurar-lo pas a pas.
- Software de desenvolupament: S'ha utilitzar MPLAP x IDE 2.35, software lliure de Microchip, capaç de crear projectes amb llenguatge d'alt nivell com C, de baix nivell assembler o combinar els dos llenguatges. Tot això mitjançant el seu compilador de 8 bits XC8.
- Gestió del consum: Incorpora una tecnologia anomenada nanoWATT que aporta una sèrie de característiques que ajuden a reduir el consum, tals com, tres modes de funcionament, *Run* CPU i perifèrics actius, *Idle* CPU inactiu i perifèrics actius, i *Sleep* CPU i perifèrics inactius.

Mida: Aquest PIC té un encapsulat que no arriba a la mida de 1.5x1.5cm, amb un encapsulat anomenat TQTF, tampoc necessita la presència de dissipadors.

Processament de dades: Aquest PIC és capaç de processar 10MIPS, això vol dir, que es sobrepassa la velocitat de processament de dades necessària per realitzar aplicacions a temps real.

Memòria: Té com memòria 128Kbytes de memòria flash, aquesta memòria no es volàtil, però és programable en el circuit, suficient per guardar les aplicacions, i com memòria volàtil una RAM de 3808 bytes. Té un mode de funcionament d'adreçament a memòria externa que amplia el bus de direccions fins a 20 bits, es a dir, es capaç de direccionar 2Mbytes.



Note 1: See Table 1-6 for I/O port pin descriptions.
 2: BOR functionality is provided when the on-board voltage regulator is enabled.

Fig. 6.3. Arquitectura PIC18F97J60-I/PF (Datasheet)

Per últim, en aquest subapartat cal dir que el PIC alimentacions independents de grups de pins, no escau alimentar tots si no s'utilitzen totes les funcionalitats. Per exemple, en aquest cas s'ha deixat sense alimentació el mòdul ethernet. Per un altre banda el fabricant aconsella un condensador de $0.1\mu\text{F}$ per cada alimentació. També incorpora un regulador de tensió el qual, te una connexió específica per estar habilitar les funcions analògiques, tal com indica la Fig. 6.2.

Regulator Enabled (ENVREG tied to VDD):

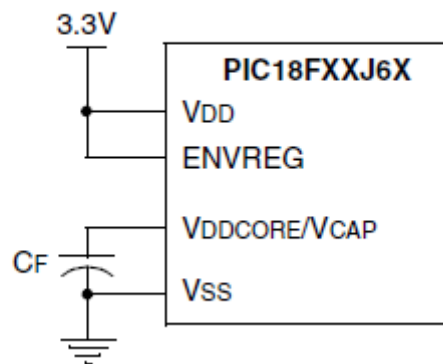


Fig. 6.4. Connexió regulador de tensió

6.1.3. Configuració prèvia del PIC18F97J60.

El PIC disposa de 6 bytes que contenen registres especials per la seva parametrització. A l'hora de realitzar un programa aquest serà el primer pas a seguir, i es realitzarà en el mateix main en el compilador estàndard o en un header file que després es cridarà des del main en el compilador XC8.

A continuació, una breu descripció dels bytes i els SFR que conté cadascun d'ells i la selecció feta com solució estàndard per les nostres proves.

CONFIG1L:

- **DEBUG=On:** habilita o deshabilita el funcionament en mode depuració del microcontrolador, es a dir, deixa funcionar pas a pas o te en compte els breakpoints. També es possible visualitzar l'estat de les variables quan som en pausa. **Atenció** aquesta funcionalitat no es compatible si el XINST o el CPO son en ON.

- **WDT=off:** Habilita o deshabilita el watch dog timer, al nostre cas no es indispensable ja que només fem provatures.
- **STVR=On:** Reinicialitza el SP en cas de desbordament superior o inferior, es molt útil per no accedir a parts de memòria que no es desitjable modificar.
- **XINST=Off:** Bit d' habilitació de la extensió d' instruccions que incorpora la gama del microcontrolador, també habilita el mode d' adreçament indexat en els quals no entrarem en profunditat.

CONFIG1H:

- **CP0:** Bit de protecció de codi, evita la descàrrega del firmware del microcontrolador al PC.

CONFIG2L:

- **FOSC=ECCPL:** Consisteix en dos bits que seleccionen el tipus de rellotge escollit, en aquest cas es el rellotge extern.
- **FOSC2=ON:** Bit que parametriza el rellotge escollit en front un reset.
- **FCMEN=ON:** Bit que habilita la detecció d'error en la recepció dels impulsos del clock.
- **IESO=ON:** habilita la arrencada a dues velocitats, commutant del rellotge intern a l'extern.

CONFIG2H

- **WDTPS:** Preselecciona el valor de post escalat del watch dog timer. En quest cas, es indiferent perquè no l'habilitarem a les proves.

CONFIG3L:

- **EASHFT=OFF:** Habilita la rotació d'adreçament a memòria externa, tal com s'ha explicat en l'apartat 6.1.2.. En el nostre cas el deixem deshabilitat.
- **MODE=MM:** defineix el mode d'adreçament a memòria que en el nostre cas serà a la memòria del microcontrolador.

- **BW=16:** Configura el bus d'adreçament de dades a 16 bits.
- **WAIT=OFF:** espera al bus de memòria externa.

CONFIG3H:

- **CPP2MX:** Configuració del multiplexat del port ECCP2.
- **ECCPMX:** Configuració del multiplexat del port ECCP1 i 3.
- **ETHLED:** Bit de habilitació del LED de ethernet.

D'un altra banda, també cal fer una petita explicació de la configuració dels ports d'entrada i sortida A-J.

- **TRIS:** Configura el port com entrades o sortides. Per exemple TRISC= 0x0F, configura el PortC<7-4> com sortides i el PortC<3-0> com entrades.
- **PORT:** Instrucció per llegir entrades.
- **LAT:** Instrucció per escriure al port.

6.2. Acondicionaments Generals.

En aquest apartat es descriuran els circuits auxiliars necessaris per fer funcionar els components, tals com alimentacions, reset, LED de prova , rellotge...

6.2.1. Alimentació

El CUBC s'alimentarà externament a una tensió de 24V DC tal i com indica l'apartat 5. Objectius i especificacions tècniques. Es defineix que dintre del CUBC es treballarà a 24,5 i 3,3, tenint en compte que, el microcontrolador treballa a 3.3V i molts components electrònics treballen a 5V el que obre un gran ventall de possibilitats a l'hora de triar la resta de components.

Després de concretar aquesta necessitat s'ha optat per una solució basada en dos reguladors de tensió un de 5V i un de 3.3V tenint en compte que el consum serà petit es pot contemplar la dissipació de potència que suposen aquests components. Un altre factor a tenir en compte es que la potència que es dissipa es converteix en calor i mes endavant s'estudiarà i es buscarà solució si escau.

Els components escollits per aquest disseny d'alimentació electrònica han estat el regulador lineal de 5V LM2940CT-5.0/NOPB figura 6.2. i el regulador lineal de 3.3V LM3940IT-3.3/NOPB figura 6.3.

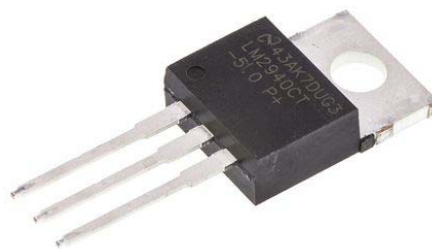


Fig. 6.5. LM2940CT-5.0/NOPB (www.farnell.es)

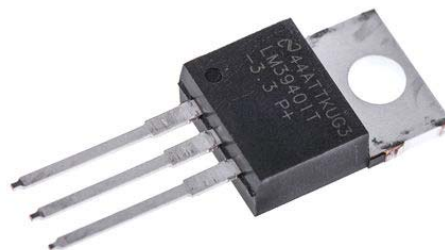


Fig. 6.6. LM3940IT-3.3/NOPB (www.farnell.es)

El disseny electrònic d'aquest circuit serà finalment com d'escriu la figura 6.4.:

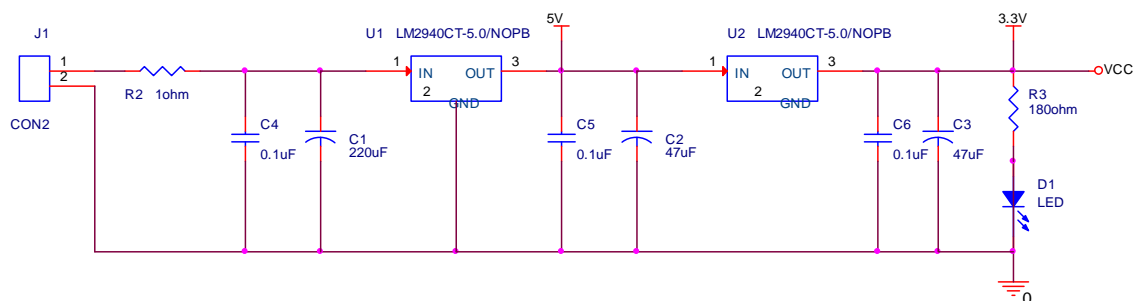


Fig. 6.7. Esquema alimentació. (Elaboració pròpia).

Les connexions, els condensadors i les resistències venen marcades al datasheets dels fabricants.

S'ha tingut en compte que la caiguda de tensió al primer regulador es de 19V, tenint en compte que el funcionament d'aquest component consisteix en desviar aquesta potència en forma de calor s'assumeix una temperatura elevada que podria cremar el nucli del regulador, el qual té una temperatura màxima al nucli que es de 125°C, per això s'ha instal·lat una resistència tèrmica en aquest component.



Fig. 6.8 Resistència tèrmica. (Farnell.es)

6.2.2. Reset.

Tot i tenint una idea de com es configura un esquema de reset, el fabricant aconsella una configuració d'aquest, que consisteix en una resistència de pull-up, una altre resistència per limitar la corrent de descàrrega, polsador a massa i un díode que facilita la descàrrega del condensador en cas de caiguda de la Vdd, tal com indica la Fig.6.6.

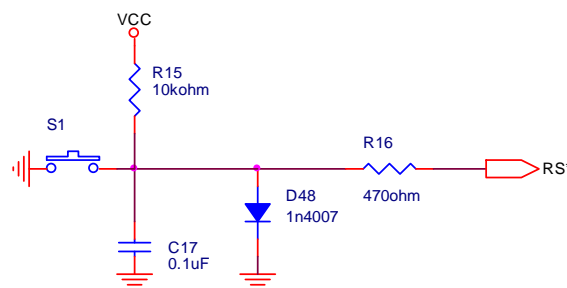


Fig. 6.9. Esquema Reset. (Elaboració pròpia)

6.2.3. Relotge.

Com s'ha esmentat anteriorment s'implementarà una font externa de rellotge de 25MHz com rellotge principal i un oscil·lador extern de 32KHz que es farà servir per funcions de temporització amb períodes mes llargs.

Com rellotge principal s'ha escollit un de la marca EPSON SG8002DCPHB25MHz, que es un rellotge que dona 25MHz el qual compta d'alimentació, sortida i port per habilitar o deshabilitar la sortida.

L'esquema de connexions es el que es descriu a la Fig. 6.7 a continuació:

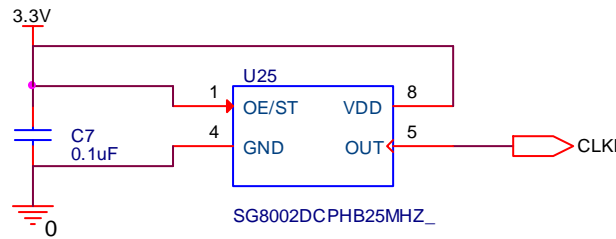


Fig. 6.10. Esquema Rellotge. (Elaboració pròpia)

6.2.4. LED de proves.

Per tal de comprovar la primera posta en marxa del PIC18F97J60-I/PF i que els esquemes auxiliars funcionen correctament s'implementa un LED al port C5 del PIC18F97J60-I/PF que ocupa el pin 56. Es col·locarà en sèrie a través d'una resistència de 180 ohm per aconseguir 18mA per fer funcionar el LED, tenint en compta que les sortides digitals del PIC treballen a 3.3V.

En el document 5 Annexos, es troba el codi empleat en assembler anomenat "Parpadeig Ledprog" s'ha realitzar sota el compilador estàndard de MPLAB x IDE 2.35. Consisteix en fer commutar el PORTC.5 mitjançant un retard creat amb un bucle de 65536 repeticions.

6.3. Sortides digitals.

En aquest apartat es tractarà sobre les sortides digitals en quant a quantitat, especificacions, components utilitzats i disseny electrònic.

El CUBC consta de 8 sortides digitals optoacobllades (DO00-DI7) i 4 directes (DO08-11) que ocupen els pins del microcontroladors descrits a la Taula 6.2.:

Nombre Connexió	PIN	Port que ocupa	Input (V)	Ouput (mA)
DO00	5	RB0	5,5V	Drive High (25mA)
DO01	6	RB1	5,5V	Drive High (25mA)
DO02	7	RB2	5,5V	Drive High (25mA)
DO03	8	RB3	5,5V	Drive High (25mA)
DO04	69	RB4	5,5V	Drive High (25mA)
DO05	68	RB5	5,5V	Drive High (25mA)
DO06	90	RD2	5,5V	Drive Medium (8 mA)
DO07	89	RD3	5,5V	Drive Medium (8 mA)
DO08	88	RD4	5,5V	Drive Medium (8 mA)
DO09	48	RJ5	5,5V	Drive Medium (8 mA)
DO10	58	RJ6	5,5V	Drive Medium (8 mA)
DO11	39	RJ7	5,5V	Drive Medium (8 mA)

Taula 6.2. Descripció dels pins del microcontrolador associats a sortides Digitals.

Les sortides directes només són un enllaç directe al connector de sortida del CUBC així que no s'entrarà en més detall, ja que les funcionalitats ja s'han descrit anteriorment.

6.3.1. Disseny sortides digital optocoblades i alta càrrega.

L'objectiu d'aquest esquema es aïllar el microcontrolador del mon exterior. Per això s'ha optat per una solució que incorpora un switch per treballar amb la massa i positiu a 24V del CUBC o alimentar externament. També te com objectiu adaptar les tensions de treball, i en últim lloc, donar una potencia suficient per poder actuar sobre un relé, LED i altres.

Per aquest motiu s'ha optat com solució final utilitzar un optodarlington que consisteix en un optoacoblador encadenat amb un darlington.. El component final escollit per realitzar aquesta funció ha sigut el PS2502-4 Fig. 6.7. que es un component que inclou 4 optodarlington al seu interior, d'aquesta manera amb només 2 components es resol el disseny.

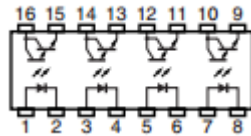


Fig. 6.11. Optodarlington PS2502-4 (datasheet)

El circuit constarà d'una resistència entre la sortida del microcontrolador i el díode emissor del Optodarlington. Aquesta resistència marcarà la intensitat del díode. Condicionant el corrent mínim de saturació del col·lector marcat pel CTR descrit pel fabricant. En el col·lector situarem els 24 V, el col·lector es connectarà a la sortida del CUBC que connectarà amb el mon exterior per saturar el optodarlington s'ha col·locat una resistència en sèrie LED com indicació de que la sortida es activa tal com indica la Fig. 6.8.

Cal tenir en compte diverses variables, que son extretes del datasheet del PS205-4.

- Tensió col·lector 24V(Vc) amb mode intern o extern d'alimentació.
- Tensió de sortida del Microcontrolador 3.3 V (Vmc).
- Forward Voltage 1.4V. (Vf)
- Tensió emissor col·lector 1V (Vcesat)
- Tensió LED 2.2V (Vled)
- Resistència a la sortida del col·lector 1kohm (R2)
- Resistència en sèrie amb el díode emissor 267ohm. (R1)

Les variables a calcular seran las següents:

- Intensitat del LED. Desitgem entre 15 i 30mA (Iled.)
- Intensitat de l' emissor (Ie)
- Intensitat del díode emissor el CTR la marcarà màxim 8 mA a causa del tipus de pin del microcontrolador. (Id)
- Tensió a la sortida del emissor serà la tensió de sortida desitgem 20-24V. (Vo)
- Rati de transferència de corrent 200-2000% (CTR)
- I_{max} a la sortida del CUBC la calcularem a partir del CTR màxim. (I_{max})

A continuació l'esquema d'un dels fotodarlington (Fig 6.8) i els càlculs per comprovar que es compleix amb totes les condicions per al seu correcte funcionament, es podrà observar l'esquema complet en els documents de Plànols.

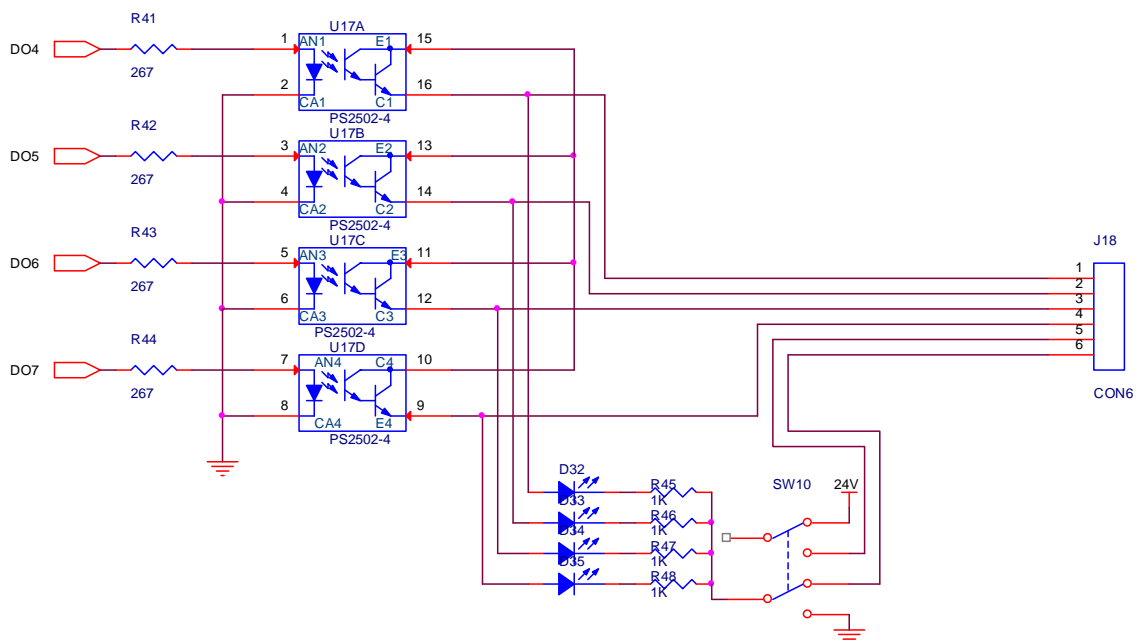


Fig. 6.12. Esquema sortides digitals amb fotodarlington. (Elaboració pròpia)

Es realitzaran els càlculs de la part dreta de l'esquema per donar la corrent adient al LED i després a la part esquerra per complir amb el CTR i entrar en saturació i deixar un marge per al corrent que necessitaran les càrregues exteriors al del CUBC.

$$I_e = I_{led} = (V_c - V_{ce} - V_{led}) / R_2 \quad (6.1)$$

$$I_e = I_{led} = (24 - 1.0 - 2.2) / 1000 = 20.8 \text{ mA} \quad (6.2)$$

$$I_d = (V_{mc} - V_f) / R_2 \quad (6.3)$$

$$I_d = (3.3 - 1.4) / 267 = 7.1 \text{ mA} \quad (6.4)$$

$$CTR = 20.8 / 7.1 = 293\% \quad (6.5)$$

$$I_{max} = (I_d * CTR_{max}) - I_{led} \quad (6.6)$$

$$I_{max} = (20.8 \text{ mA} * 20) - 20.8 = 395.2 \text{ mA} \quad (6.7)$$

D'aquets càlculs deduïm que sense carrega el col·lector entrarà en saturació, i que el fotodarlington funcionarà correctament dins els 395.2mA, que consumirà directament de la font d'alimentació connectada al CUCB o a la toma exterior que es col·loqui en el switch.

6.3.2. Programació sortida digitals optoacobrades i alta carrega.

En aquest subapartat es realitzarà l'explicació d'un programa de prova realitzat pel correcte funcionament de les sortides digitals que van a través del fotodarlington. Com s'ha explicat a l'inici de l'apartat 6.3. corresponen a DO00-07 i aquestes afecten als ports B(0-5) i D(2-3). D'un altre banda també farem funcionar el Ledprog per assegurar que el codi funciona en front d'un error de connexió.

Aquest cop realitzarem el projecte amb el compilador XC8, i el codi l'efectuarem en C, constarà de dos parts un Header file (config.h), per la parametrització del PIC, i una rutina principal (main.c). Els dos codis els trobarem en Annexos, amb els noms de Header file i Prova sortides.

El programa consistirà en fer commutar cada 0.5 segons les sortides, tenint cada sortida un valor diferent a la que la precedeix.

En primer lloc, caldrà esborrar els ports amb la instrucció LAT, per assegurar que són al nivell desitjat a l'inici de l'aplicació. I en segon lloc, parametritzar-los com sortides amb el SFR TRIS(PORT), cada bit a 0 d'aquest SFR significarà que el port es parametritza com una sortida. A continuació un exemple del port D per aquest cas.

```
LATD=0x00;
```

```
TRISD=0xF9;
```

En el SFR TRSID hem introduït el codi binari '1111 1001' això vol dir que el port RD2 i 3 queden parametrizats com sortides.

Tot seguit donarem el valor inicial desitjat a cada port i a continuació entrarem en un bucle infinit amb la instrucció "While(1)", dintre d'aquest bucle igualarem cada port al seu complement "RD2=~RD2;" i tot seguit un bucle de 100 iteracions "for (int count_Delay=0; count_Delay <100;count_Delay++)" amb una funció de retard de 5ms "__delay_ms(5);" al seu interior.

El codi d'aquest programa el trobarem en el Document 5 annexos amb el títol "Proves de sortides digitals".

Cal dir que aquesta prova s'ha realitzat amb èxit.

6.4. Entrades digitals.

En aquest apartat es tractarà sobre les entrades digitals en quant a quantitat, especificacions, components utilitzats i disseny electrònic.

El CUBC consta de 8 entrades digitals optocoblades (DI00-DI7) i 4 directes (DI08-11), que ocupen els pins del microcontroladors descrits a la Taula 6.3.

Les entrades directes només són un enllaç directe al connector d'entrada del CUBC així que no s'entrarà en mes detall ja que les funcionalitats ja s'han descrit anteriorment

A continuació una taula que descriu els pins que s'ocupen al microcontrolador, el port intern que utilitzen i les seves característiques elèctriques:

Nombre Connexió	PIN	Port que ocupa	Input (V)	Ouput (mA)
DI00	99	RH0	5,5V	Drive Minimum (2 mA)
DI01	100	RH1	5,5V	Drive Minimum (2 mA)
DI02	1	RH2	5,5V	Drive Minimum (2 mA)
DI03	2	RH3	5,5V	Drive Minimum (2 mA)
DI04	49	RJ0	5,5V	Drive Medium (8 mA)
DI05	50	RJ1	5,5V	Drive Medium (8 mA)
DI06	66	RJ2	5,5V	Drive Medium (8 mA)
DI07	61	RJ3	5,5V	Drive Medium (8 mA)
DI08	14	RG4	5,5V	Drive Minimum (2 mA)
DI09	11	RG5	5,5V	Drive Minimum (2 mA)
DI10	10	RG6	5,5V	Drive Minimum (2 mA)
DI11	38	RG7	5,5V	Drive Minimum (2 mA)

Taula 6.3. Descripció dels pins del microcontrolador associats a entrades Digitals.

6.4.1. Disseny d' entrades digitals optoacoplades.

L'objectiu d'aquest esquema es aïllar el microcontrolador del mon exterior. Per això s'ha optat per una solució que incorpora un contacte per treballar amb la massa exterior, Després serà l'usuari final qui decidirà posar-la en comú o no amb la massa del CUBC. També te com objectiu adaptar les tensions de treball. Per aquest motiu s'ha optat com solució final utilitzar un optoacoblador. El component final escollit per realitzar aquesta funció ha sigut el TLP504A-2 Fig. 6.9. que es un component que inclou 4 optoacobladors al seu interior, d'aquesta manera amb només 2 components es resol el disseny.

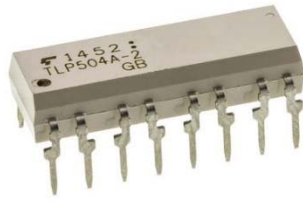


Fig. 6.13. Optoacoblador TLP504A-2. (www.farnell.es)

El circuit constarà d'un LED per indicar l'estat de l'entrada i una resistència en sèrie amb el díode emissor de l'optoacoblador. D'un altre banda, es col·locarà un condensador en paral·lel al díode de $0.1\mu\text{F}$ emissor de l'optoacoblador com a mesura de seguretat tal com aconsella el fabricant. Per un altre banda, es connectarà a 5V el col·lector i es posarà l'emissor a terra a través d'una resistència per assegurar la saturació. L'emissor es connectarà a l'entrada del microcontrolador adient, proporcionant la tensió calculada mes endavant en aquest subapartat o 0V.

Caldrà tenir en compte diverses variables extretes del datasheet del TLP504A-2:

- Tensió de l' emissor intern 1.15V. (V_f).
- Tensió d'entrada al CUBC 24V (V_i).
- Tensió al col·lector 5V (V_c)
- Tensió emissor col·lector en saturació 0.4V (V_{cesat}).
- Tensió LED 2.2V (V_{led})
- Resistència a l'entrada de l' emissor intern 2.2Kohm (R_1).
- Resistència al col·lector 1Kohm.

Les variables a calcular seran las següents:

- Intensitat del díode emissor intern, propera a 10mA (I_d)
- Intensitat del emissor vindrà condicionada pel CTR (I_e)
- Tensió a la sortida del emissor serà la tensió de sortida, desitgem 2.5-5.5V. (V_e, V_{mc})
- Rati de transferència de corrent 30-60% CTR

A continuació l'esquema d'un dels optoacobladors (Fig 6.10) i els càlculs per comprovar que es compleix amb totes les condicions, pel seu correcte funcionament, es podrà observar l'esquema complet en els document de Plànols.

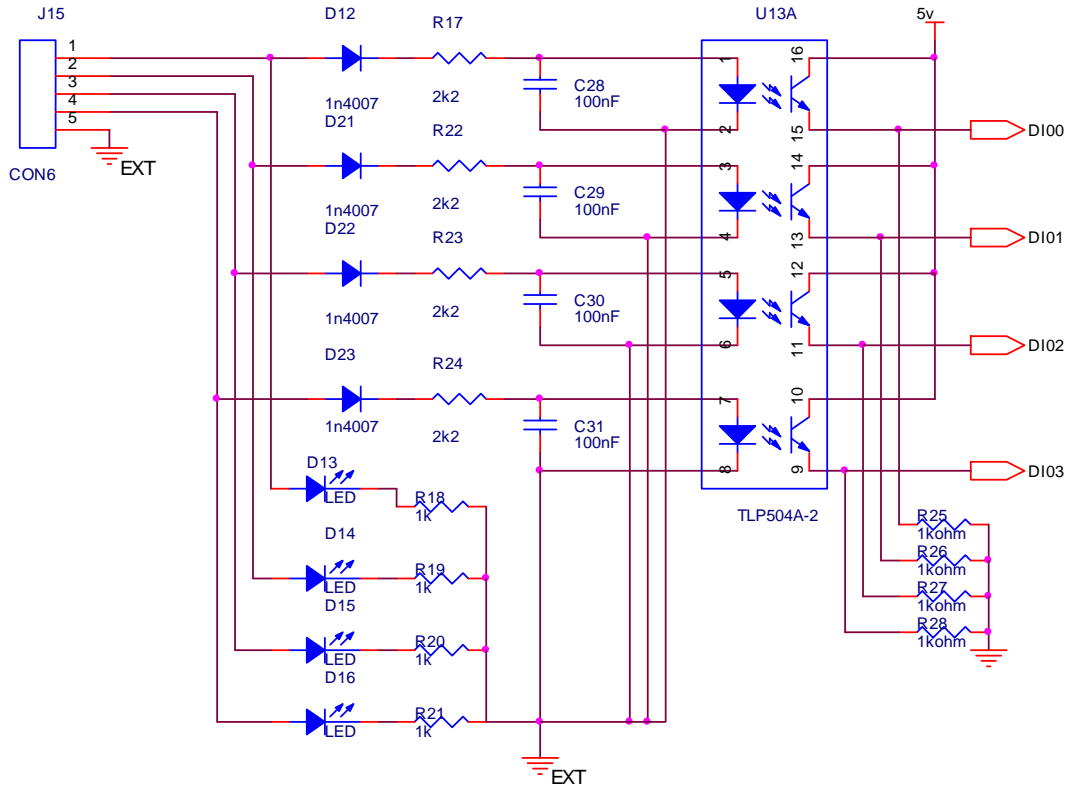


Fig. 6.14. Esquema sortides digitals amb optoacobrador. (Elaboració pròpia)

Es realitzaran els càlculs de la part esquerra de l'esquema per donar la corrent adient al díode emissor interior i després a la part dreta per complir amb el CTR i entrar en saturació .

$$I_d = (V_i - V_{led} - V_d) / R_1 \tag{6.8}$$

$$I_d = (24 - 2.2 - 1.15) / 2200 = 9.4 \text{mA} \tag{6.9}$$

$$I_e = (V_c - V_{cesat}) / R_2 \tag{6.10}$$

$$I_e = (5 - 0.4) / 1000 = 4.6 \text{mA} \tag{6.11}$$

$$CTR = 4.6 / 9.4 = 49\% \tag{6.12}$$

$$V_{mc} = V_e = V_c - V_{ce} \tag{6.13}$$

$$V_{mc} = V_e = 5 - 0.4 = 4.6 \text{V} \tag{6.14}$$

D'aquest càlcul deduïm que l'optoacobrador entra correctament en saturació ja que estem dins dels marges de CTR i que la tensió d'entrada al microcontrolador es la adient.

6.4.2. Programació d'entrades digitals optoacobrades.

En aquest subapartat es realitzarà l'explicació d'un programa de prova realitzat pel correcte funcionament de les entrades digitals que van a través del optoacoblar. Com s'ha explicat al inici de l' apartat 6.4. corresponen a DI00-07 i aquestes afecten als ports D(0-4) i J(0-4).

Aquest cop realitzarem el projecte amb el compilador XC8, i el codi l'efectuarem en C. Constarà de dues parts un Header file (config.h) per la parametrització del PIC, i una rutina principal (main.c). Els dos codis els trobarem en Annexos, amb els noms de Header file i Prova entrades.

El programa consistirà en fer commutar cada 0.5 segons les sortides, tenint cada sortida un calor diferent a la que la precedeix.

En primer lloc, caldrà esborrar els ports amb la instrucció LAT, per assegurar que son al nivell desitjat a l'inici de l' aplicació. I en segon lloc, parametritzar-los com sortides amb el SFR TRIS(PORT). Cada bit a 0 d'aquest SFR significarà que el port es parametritzat com una sortida. A continuació un exemple del port D per aquest cas, i a continuació parametritzar com entrades les adients.

Tot seguit entrem en un bucle infinit "While(1)", a l' interior del qual assignem el valor de l'entrada a la sortida "RB0=RH0"

El codi d'aquest programa el trobarem en el Document 5 annexos amb el títol "Proves entrades".

Cal a dir que aquesta prova s'ha realitzat amb èxit.

6.5. Sortides analògiques.

En aquest apartat es tractarà sobre les sortides analògiques en quant a quantitat, especificacions, components utilitzats, disseny electrònic, mòduls del microcontroladors afectats i com fer un programa per comprovar la seva funcionalitat.

El CUBC consta de 4 sortides analògiques (AO0-AO3), de 10 bits de resolució i una escala de 0-10V, es a dir, podrem incrementar l'entrada en esglaons de 9.8mV tal com es calcula a (6.15).

$$Resolució=10/2^{10}=0.00976V \quad (6.15).$$

Com s'explicarà en el subapartat 6.5.1 aquestes sortides funcionen a través de I2C i ocuparan els següents PINS del microcontrolador.

Nombre Connexió	PIN	Port que ocupa	Input (V)	Ouput (mA)
SDA2	87	RD5	5,5V	Drive Medium (8 mA)
SCL2	84	RD6	5,5V	Drive Medium (8 mA)

6.5.1. Disseny de les sortides analògiques.

Si es volgués realitzar les sortides analògiques a traves de ports de sortida, necessariem 40 pins, per aquesta raó s'ha optat per utilitzar el MSSP2 del microcontrolador, i configurar-lo en mode I2C. Totalment compatible amb les especificacions es troba el dispositiu DAC6574 (Fig 6.10) de Texas instrument, que es un DAC de 10 bits de resolució i 4 canals independents. Els inconvenients fàcils de solucionar són que el seu rang es de 0-5V i que l'encapsulat es de tipus MSOP i haurem de posar un adaptador a DIL per poder treballar en el prototip. S'entrarà en mes detall en el subapartat 6.5.2.

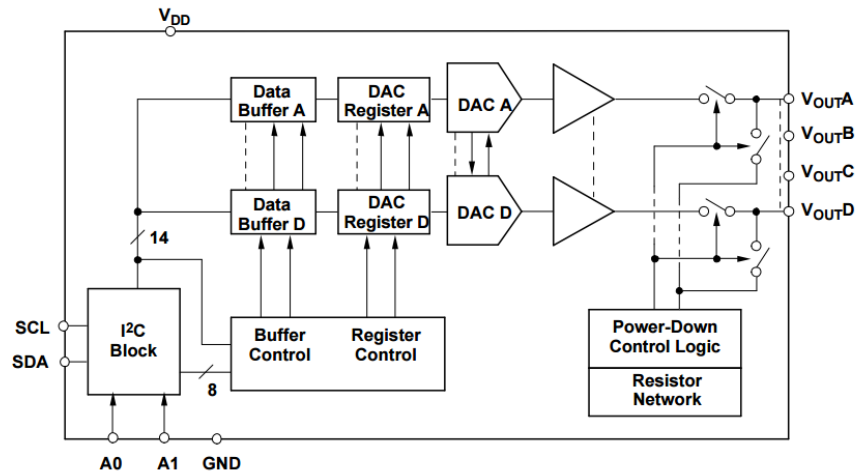


Fig. 6.15. DAC6574. (Datasheet PIC18F90J60)

Per escalar la tensió del DAC a la del CUBC utilitzarem un circuit amb amplificador operacional, més concretament amb el LM324N, un component que inclou 4 canals. D'aquesta manera amb un de sol resollem la necessitat.

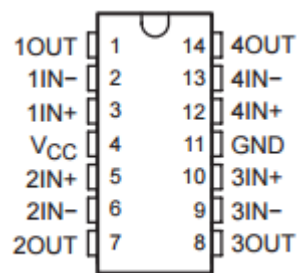


Fig. 6.16. Amplificador Operacional LM324N (Datasheet LM324N)

El circuit constarà de la connexió entre el microprocessador i el DAC amb dues resistències de *pull-up* a 5V tal com indiquen les especificacions del I2C. El DAC s'alimenta a 5 volts i la seva sortida anirà a parar a l'entrada no inversora del operacional. En l'operacional es farà una connexió tipus amplificador no inversor, tal com indica la Fig.6.12. La resistència que enllaça la sortida amb l'entrada inversora i la que enllaça l'entrada inversora amb la massa hauran de ser iguals com demostra (6.15-17) i l'operacional s'alimentarà amb tensió asimètrica 0-24V.

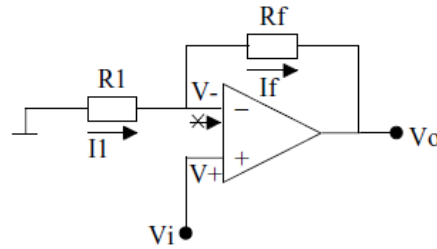


Fig. 6.17. Circuit amplificador no inversor. (Apunts EA Salvador Alepuz)

Per tal d'escalar la sortida de 5 a 10V deduïm que s'haurà de multiplicar per un factor de 2, llavors seguint l'equació del amplificador no inversor tenim:

$$2 = 1 + R_f/R_1 \tag{6.16}$$

$$1 = R_f/R_1 \tag{6.17}$$

$$R_f = R_1 \tag{6.18}$$

Llavors es dedueix que les resistències hauran de ser iguals. Per tal de reduir consum, considerem que una resistència de 20Kohm serà adient per aquest circuit.

A continuació l'esquema final de la solució proposta final d'un dels canals:

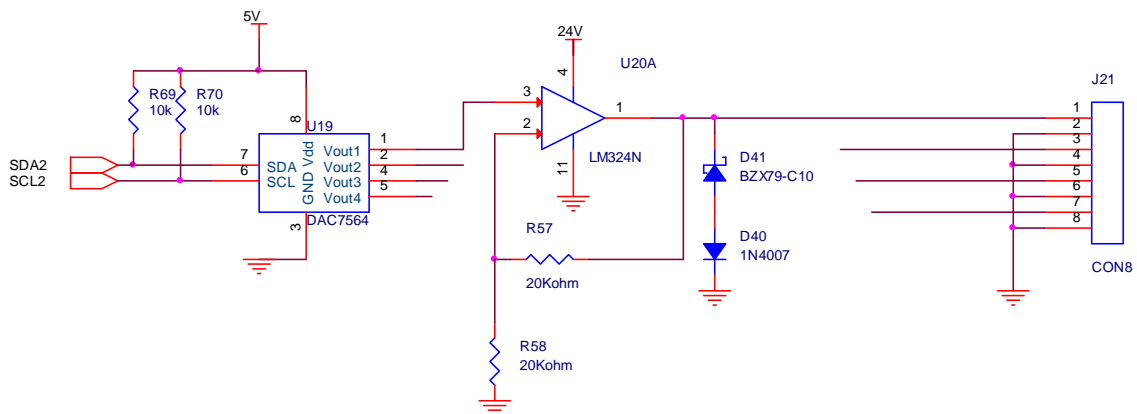


Fig. 6.18. Esquema sortides analògiques. (Elaboració pròpia)

6.5.2. Convertidor analògic digital I2C DAC6574.

El DAC6574 es integrat dissenyat per Texas Instrument el qual es molt útil per simplificar circuits i és fàcil d'implementar.

Consisteix en un DAC que es comunica a través de I2C memoritzant els valors de 10 bits i escalant amb un cadena de resistència segons el pes a la sortida com indica la Fig. 6.14:

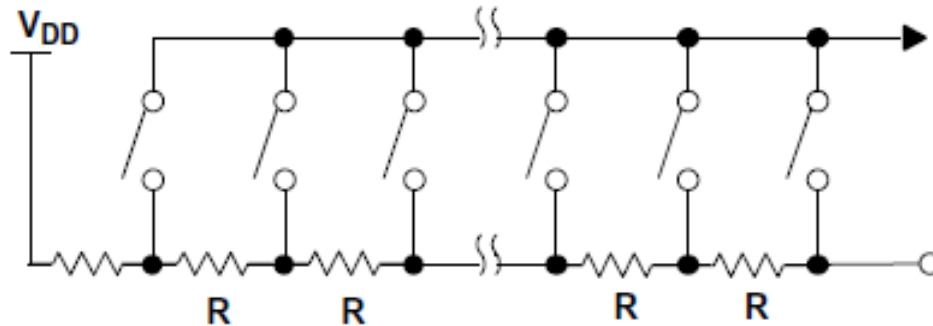


Fig. 6.19. Cadena de resistències. (Datasheet DAC6574)

S'alimenta a 5 volts i la sortida té un rang de 0-5V amb una resolució de 10 Bits:

Té diferents modes de funcionament:

- **Actualització instantània d'un canal.**
- Actualització instantània dels 4 canals.
- Actualització d'un canal amb el valor transmès per I2C i la resta amb el buffer prèviament carregat.
- Càrrega del buffer d'un canal.
- I mode en funcionament d'impedància per la qual es pot donar diferents valors de resistència quan el DAC no està funcionant. Es aconsellable donar el valor més alt.

En aquest cas es treballarà directament amb l'actualització d'un canal individualment.

Per dur a terme aquesta funció de comunicació s'enviaran diversos codis que la comunicació I2C interpreta, en High-Speed mode de I2C.

- 1 Senyal de *Star* per comunicar que el Master ocuparà el bus.
- 2 Es transmet el HS mode (0x0E) byte el qual no pot tenir resposta per cap esclau.
Es mostra en la Fig 6.17.

HS-Mode Master Code:

MSB							LSB
0	0	0	0	1	X	X	R/W

Fig. 6.20. HS-Mode Master Code. (Datasheet DAC6574)

- 3 A continuació es transmet un Byte (0x9A) Fig 6.18, el qual els bits de més pes correspondran a la direcció de l'esclau al qual ens dirigim i l'últim per indicar escriptura. L'esclau torna a contestar amb senyal d'Acknowdelge. En el nostre cas A0=1 i A1=0 configurat per hardware.

Address Byte

MSB							LSB
1	0	0	1	1	A1	A0	R/W

Fig. 6.21. Byte d'adreça. (Datasheet DAC6574)

- 4 Es transmet el Byte del control (Ctrl-Byte) Fig. 6.19 el qual detallarem amb més detall més endavant. L'esclau torna a contestar amb senyal d'Acknowdeledge.

Control Byte

MSB							LSB
0	0	L1	L0	X	Sel1	Sel0	PD0

Fig. 6.22. Byte de control. (Datasheet DA6574)

- 5 Es transmet el byte de dades de més pes (MS-byte) que detallarem més endavant, i es torna a rebre l'Acknodelege.
- 6 Es transmet el byte de dades de menys pes (LS-byte), i es rep la senyal d'Acknowdelege.
- 7 Per últim s'envia la senyal d'*Stop*.

Byte de control: Aquest byte s'encarrega de decidir com interpretar els bytes de dades i a quin canal es referim. A continuació una breu descripció i com funcionarà en el codi del treball.

- Els dos primer bits han de ser 0 per defecte.
- L1 i L0: Estableix el mode de càrrega de dades. En el nostre cas L1=0 i L2=0, aquest mode implica l'actualització automàtica del canal seleccionat.

- Sel1 i Sel0: Selecció del canal en codi binari 00=A, 11=D.
- P0: *Power down flag*, s'encarrega de desactivar el canal del DAC seleccionat i té 4 modes de funcionament que son els descrits a la Fig. 6.20. Si el posem a 0 el canal tindrà el funcionament convencional.

CTRL[0]	MSB[7]	MSB[6]	OPERATING MODE
1	0	0	High Impedance Output
1	0	1	1 kΩ to GND
1	1	0	100 kΩ to GND
1	1	1	High Impedance

Fig. 6.23. Power down mode table. (Datasheet 6574)

MS-byte i LS-byte: Son els encarregats de transmetre el valor digital a convertir a analògic a la sortida del canal del DAC. A continuació una descripció gràfica d'aquests dos bytes Fig 6.21

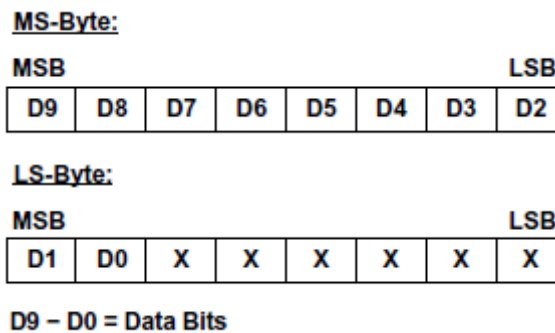


Fig. 6.24 MS i LS byte. Dataheet (6574)

6.5.3. MSSP2 del PIC18F97J60.

El PIC consta de dos MSSP que es el mòdul encarregat d'establir la comunicació a través de SPI o I2C. En aquest subapartat es parlarà sobre la programació I2C en HS mode i com a màster.

Tant el MSSP1 com el MSSP2 del PIC funcionen a través de 3 SFR que son posats a 0 en front un reset:

- SPP2STAT.
- SPP2CON1.
- SSP2CON2.

- SSP2BUFF.
- SSP2ADD.

A continuació es descriuran els bits de cada un d'aquests SFR:

SPP2STAT:

- SMP: a '1' configura velocitats estàndard, a '0' configura HS mode 400KHz. En el cas de sortides analògiques es configurarà a 0.
- CKE: Habilita SMBus en aquest cas estarà deshabilitat i no s'entrarà en detall.
- D/A*: Reservat en mode màster.
- P: Indica que el bit de Stop es l'últim detectat.
- S: Indica que el bit de Star
- R/W*: En procés de transmissió.
- UA: Indica que l'usuari ha d'actualitzar la direcció en el registre SSPxADD, només en mode esclau.
- BF: SSPxBUFF està ple o buit.

SSP2CON1:

- WCOL: '1' quan s'intenta escripturar en SSP2BUF i les condicions a I2C no son vàlides per començar la transmissió, s'ha d'esborrar per software.
- SSPOV: '1' recepció de byte al mateix temps que SSP2BUFF te el byte anterior. No te rellevància en transmissió, que es el cas en sortides analògiques.
- SSPEN: '1' Configura els pins SDA2 i SCL2 com pins de port sèrie.
- CKP: No utilitzat en màster mode.
- SSPM3:SSPM0: MSSP mode de funcionament.

SPP2CON2:

- GCEN: Bit d'habilitació de trucada general. No utilitzat en mode màster.
- ACKSTAT: Bit d'estat d'Acknowledgege, es posa a '1' quan l'esclau envia l'Acknowledgege.
- ACKDT: Bit per enviar seqüència d'Acknowledgege. Només en lectura.
- PEN; Bit per iniciar condició d'STOP. S'esborra automàticament.
- RSEN: bit de repetició de condició de START.
- SEN: Inici de condició de Start. Si el I2C està actiu no s'enviarà i el SSP2BUF no s'escriurà.

SSP2BUF: Es el byte on escriurem la dada a transmetre.

SSP2ADD: En mode esclau es el byte que donarà la direcció al MSSP2. En mode Master es el codi que carrega un valor de 7 bits al descomptador BRG que marca la velocitat de rellotge del SCL2.

6.5.4. Programació de sortides analògiques.

A continuació es realitzarà l'explicació del programa realitzat per comprovar el funcionament de les sortides analògiques del CUBC, la prova es realitzarà a través de AO0 i el canal A del DAC.

El programa consisteix en donar una sortida analògica a través de AO0, mitjançant la interpretació de les entrades digitals, DI07 correspondrà al bit de més pes del DAC (D9) i DI00 correspondrà a D2. Això significa que el programa funcionarà com un convertidor analògic digital de 8 bits de les entrades digitals, canviant la resolució a 8 Bits, per lo tant, la resolució serà de 39 mV.

Per aquest programa s'ha decidit realitzar el codi amb el compilador estàndard de MPLAB x IDE i en llenguatge assembler.

En primer lloc, es configurarà el PIC i a continuació es configurarà el MSSP2 en mode mestre i HS:

```
134         ;Configuració MSSP2
135     bcf SSP2STAT,SMP      ; I2C slew rate IN HS mode.
136
137     bsf SSP2CON1,SSPM3   ;MASTER MODE ENABLED
138     bcf SSP2CON1,SSPM2   ;
139     bcf SSP2CON1,SSPM1   ;
140     bcf SSP2CON1,SSPM0   ;
141
142     bsf SSP2CON1,SSPEN   ; enable SSP module
```

Fig. 6.25 Configuració MSSP. (Elaboració pròpia)

A continuació, es configuren les entrades i el pins de SDA2 i SCL2 com entrades.

Prèviament hem definit amb la instrucció EQU les següents variables que contindran les direccions a memòria on guardarem certa informació clau, com la direcció de l'esclau, el byte de HS mode, el byte de control, el byte de dades alt i el byte de dades baix.

Es creen les següents subrutines.

- Protocol de Star.
- Protocol per enviar el HS mode byte
- Protocol per enviar la direcció de l'esclau i el bit d'escriptura.
- Protocol per enviar per enviar el Byte alt de dades.
- Protocol per enviar el byte baix de dades.
- Protocol d'estop.

Una vegada fetes les configuracions i creades les subrutines (que hauran de ser al final de codi), s'obre un bucle infinit "While(1)" i dintre d'ell iguaem les entrades al byte al de dades que representa a P9-P2 (consultar en l'apartat 6.5.2.) i truquem seqüencialment a la subrutines creades anteriorment.

Aquest codi es podrà consultar en el document annexos amb el títol, " Prova sortides analògiques".

6.6. Entrades analògiques.

En aquest apartat es tractarà sobre les entrades analògiques en quant a quantitat, especificacions, components utilitzats i disseny electrònic.

El CUBC consta de 4 entrades analògiques (AI0-AI3), de 10 bits de resolució i una escala de 0-10V, es detecta els increments de tensió cada 9.8mV, tal com es calcula a (6.16):

$$\text{Resolució} = 10/2^{10} = 0.00976V \quad (6.16).$$

Com a recursos del microcontrolador s'utilitzaran els pins del port A <3-0> però utilitzats a través del mòdul de conversió ADC del PIC. Com es mostra a continuació a la Taula 6.4.

Nombre Connexió	PIN	Port que ocupa	Input (V)	Ouput (mA)
AI0	35	RA0	Vdd	Drive Minimum (2 mA)
AI1	34	RA1	Vdd	Drive Minimum (2 mA)
AI2	33	RA2	Vdd	Drive Minimum (2 mA)
AI3	32	RA3	Vdd	Drive Minimum (2 mA)

Tabla 6.4. Descripció dels pins del microcontrolador associats a entrades Analògiques

El rang de sortida CUBC com s'ha esmentat anteriorment ha de ser 0-10V, però el rang màxim pel qual pot treballar el ADC microcontrolador es entre 0V(Vss) i 3.3V(Vdd), així que es tronarà a utilitzar el LM324N per realitzar un escalat.

6.6.1. Disseny de les entrades analògiques.

Aquest subapartat tractarà sobre com escalar la tensió de 0-10V de l'entrada del CUBC a 0-3.3V. Per tant tenim una relació 0.33 (Vs/V+)

Per fer aquest acondicionament farem el muntatge de dos resistències (R1 i R2) en sèrie, alimentar a R1 amb V+ de l'entrada analògica, a l'altre extrem de R2 amb V- de l'entrada analògica i referenciat a massa per adaptar les tensions, tal com mostra Fig. 6.26..

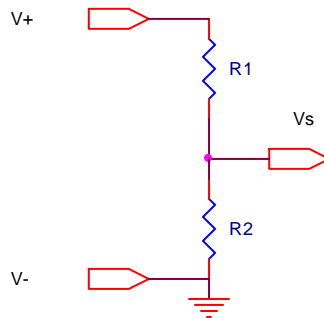


Fig. 6.26. Divisor de tensió (Elaboració pròpia).

Aplicant les lleis de kirchoff sabem que la intensitats en R1 i R2 seran iguals, d'aquesta manera es dedueix segons la llei d'ohm que la caiguda de tensió seran proporcionals al valor de la seva resistència. La proporció a seguir serà la descrita en les següents equacions.

$$I_t = (V+) / (R1 + R2) \quad (6.17)$$

$$V_s = I_t * R2 \quad (6.18)$$

$$V_s / (V+) = R2 / (R1 + R2) \quad (6.19)$$

$$V_s / (V+) = 1 / ((R1/R2) + 1) \quad (6.20)$$

$$R1/R2 = (1/0.33) - 1 \quad (6.21)$$

$$R1 = 2R2 \quad (6.22)$$

Un cop es sap quina relació han de mantenir les resistències es fa falta circuit d'alta impedància per transmetre la tensió sense modificar la tensió, es a dir que Is sigui el mes proper a 0. El muntatge ideal per aquesta funció es el seguidor de tensió. Fig.6.27.

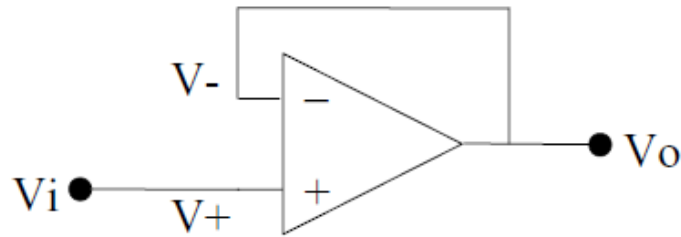


Fig. 6.27. Seguidor de tensió (Apunts EA, Salvador Alepuz).

Per estandarditzar components s'ha seleccionat el LM324N.

Idealment I^+ es nul, però en realitat I^+ segons les especificacions del LM324N serà del ordre de nanoampers, seria convenient que com a mínim la intensitat total en les resistències fos del ordre de mili ampers, per així també ser una carrega petita.

Per aquesta raó s'han s'aconsella posar resistències de de entre 1Kohm i 10kohm en aquest tipus de muntatge. Finalment per raons de preu i de fàcil adquisició s'han triat resistències de 1k1ohm i 2k2ohm. Aleshores el muntatge final serà el següent.

Per últim com mesura de seguretat es curtcircuita a terra a través d'un Zener i un díode, de tal manera que si la tensió supera els 4.4V es curtcircuitarà a terra per protegir el PIC.

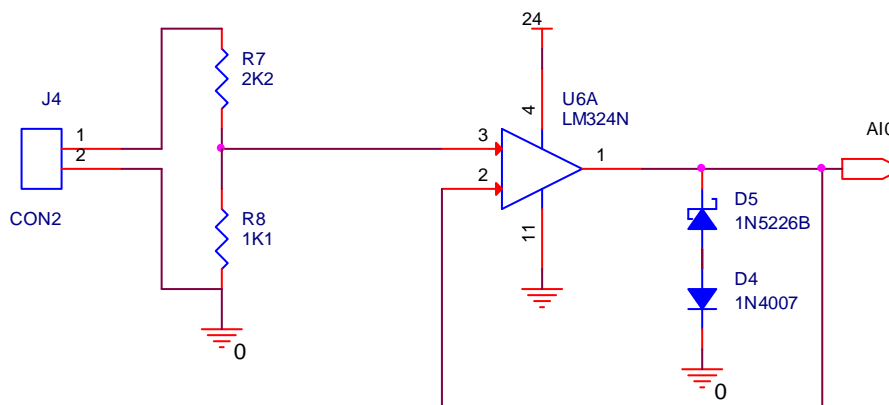


Fig. 6.28. Esquema entrades analògiques. (Elaboració pròpia)

6.6.2. Mòdul ADC del PIC18F97J60.

El microcontrolador conte un mòdul analògic digital de 10 bits de resolució i 16 canals, cada canal ocupa un pin d'un port d'entrades i s'ocuparan els esmentats a l'inici d'aquest apartat.

El mòdul ADC té diversos SFR que explicarem a continuació.

ADCON0:

- ADCAL ‘1’ Mode calibració, ‘0’ funcionament normal.
- CH3S:CHS0: Selecció de canal analògic.
- GO/DONE*: Bit d’estat del ADC. ‘1’ Conversió en procés, ‘0’ lliure.
- ADON: ‘1’ convertidor habilitat, ‘0’ convertidor deshabilitat.

ADCON1:

- VCFG0: Configuració del voltatge de referència 0. ‘1’ Vss, ‘0’ Vref-.
- VCFG1: Configuració del voltatge de referència ‘1’ Vdd, ‘0’ Vref+.
- PCFG3:PCFG0: bits de configuració del ADC, selecciona els canals a configurar. Tal com indica la Fig. 6.29.:

PCFG3: PCFG0	AN15 ⁽¹⁾	AN14 ⁽¹⁾	AN13 ⁽¹⁾	AN12 ⁽¹⁾	AN11	AN10	AN9	AN8	AN7	AN6	AN5 ⁽²⁾	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0001	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0011	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0100	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0101	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0110	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0111	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A
1000	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A
1001	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A
1010	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A
1011	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A
1100	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A
1101	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A
1110	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A
1111	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

A = Analog input

D = Digital I/O

Fig. 6.29. Configuració PCFG3:PCFG0. (Datasheet PIC18F97J60)

ADCON2:

- ADFM: Selecció del format del resultat. '1' Justificat a la dreta. '0' Justificat a l'esquerra.
- ACQT2:ACQT0: Parametrització del temps d'adquisició.
- ADCS2:ADCS0: Parametrització del rellotge de conversió.

ADRESH: Byte de mes pes del resultat de la conversió.

ADRESL: Byte de menys pes del resultat de la conversió.

6.6.3. Programació sortides analògiques.

A continuació es realitzarà, l'explicació del programa realitzat per comprovar el funcionament de les entrades analògiques del CUBC, la prova es realitzarà a través de A11 i el canal AN1 del PIC18F97J60.

El programa consisteix en un convertidor analògic digital de 8 bits fen servir el ADC de 10 bits del PIC18F97J60.

1. Es configuren les entrades.
2. Es configura el ADC.
 - 2.1. Es configura AN1 com entrada.
 - 2.2. Es configura AN1 com entrada analògica. $ADCON1=0x07$
 - 2.3. Es selecciona el canal. $ADCON0.CHS=0x00$
 - 2.4. Es s'habilita el ADC, $ADCON0.ADON=1$;
 - 2.5. Es selecciona la velocitat de conversió. $ADCON2.ADCS=0x01$; (25M/8)
 - 2.6. Es selecciona justificació a la dreta del resultat. $ADCON2.ADFM=0x01$;
3. Entrem en bucle infinit.
4. Es truca a la rutina de lectura.
 - 4.1. Es llença el bit de lectura. $ADCON0bits.GO = 1$.

- 4.2. Es fa un bucle buit fins que termini la lectura. *While(ADCON0bits.GO)*
 - 4.3. Es rota 8 posicions i es guarda a una variable tipus enter el byte de mes pes, d'aquesta manera els dos bits de mes pes del ADC adquireixen el seu valor.
 - 4.4. Es suma el valor del byte de menys pes a la variable anterior.
 - 4.5. Retorna el valor a una variable temporal tipus integer a la que anomenarem VAR en aquesta explicació.
5. I finalment s'igualen els bits VAR(10-3) al port de sortida del CUBC DO(7-0) respectivament.

El codi d'aquest programa es trobarà en annexos com "Prova Entrades Analògiques".

6.7. Mòduls PWM.

Com a especificació tècnica, s'ha terminat que el CUBC a de tenir sortides per control de motors de corrent altern i control de motors de corrent continu a través de PWM.

A continuació una petita introducció a la teoria d'electrònica de potència d'inversors per motors AC .

6.7.1.Introducció a inversors trifàsics per PWM.

El PWM es un generador de funcions a una certa freqüència, que s'utilitza per control d'inversors que proporcionen la potència a motors industrials de entre altres.

Breument consisteix en el control de dispositius d'electrònica de potència com IGBT, que s'encarreguen d'obrir i tancar el pas tal com mostra la Fig.6.30.

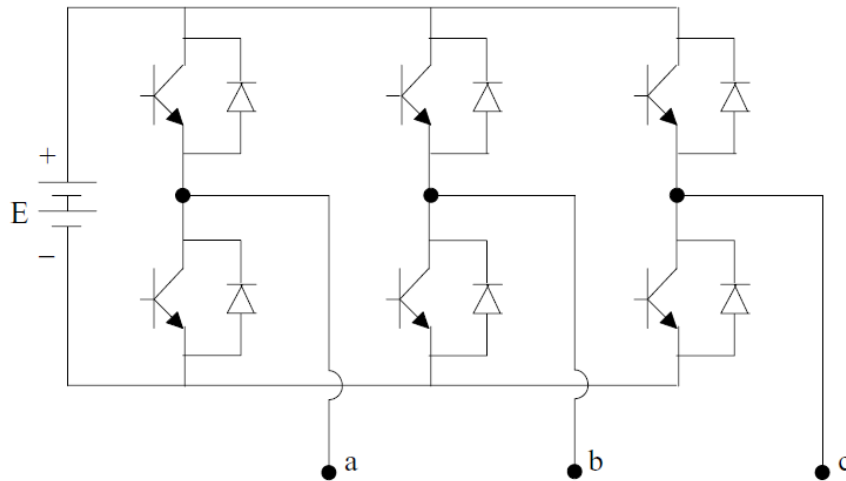


Fig. 6.30. Inversor Trifàsic. (Apunts EP Salvador Alepuz)

Pel control de motors en AC es basa en crear un tren de polsos, en el qual intervenint l'amplada d'aquests, aconseguim un valor eficaç de la tensió igual al que el s'aconseguiria amb una ona sinusoidal convencional.

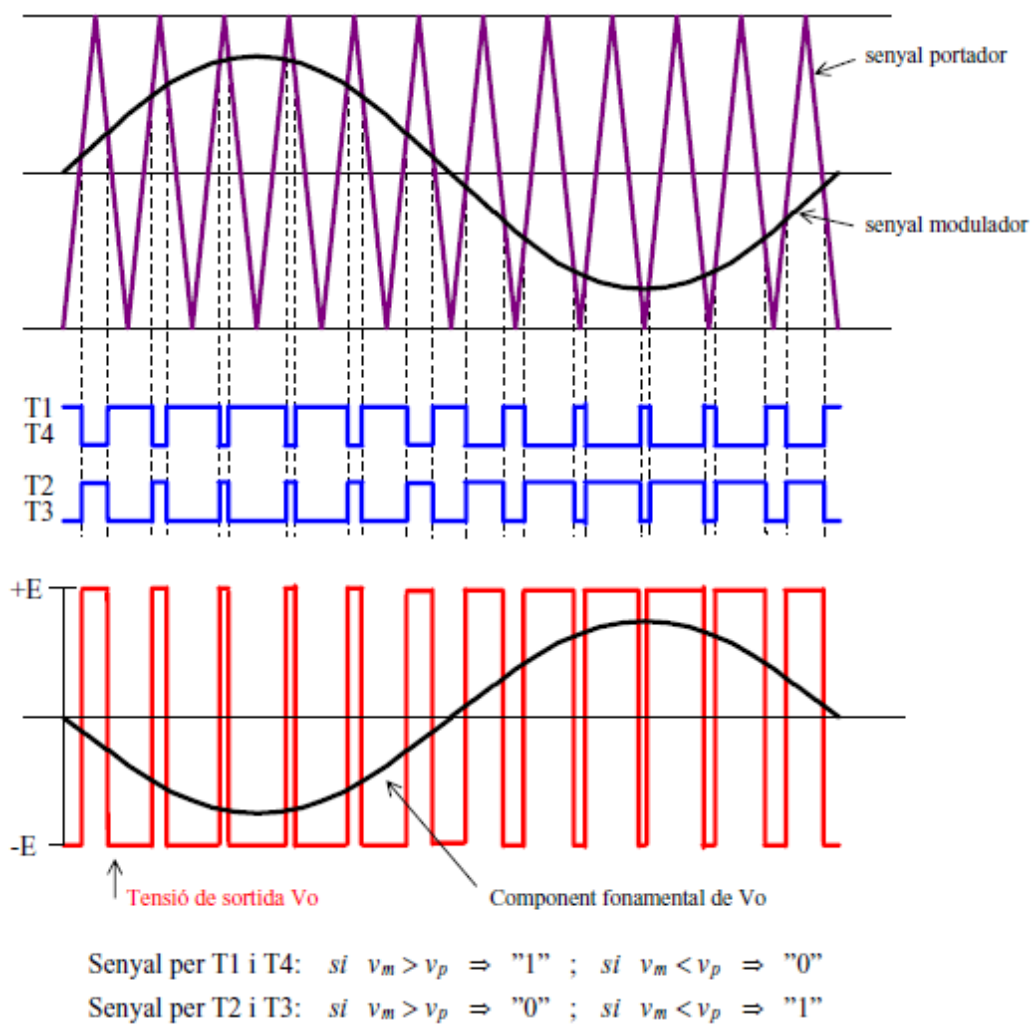


Fig. 6.31. Modulació per PWM. (Apunts EP prof. S.Alepuz)

Gracies a la component inductiva de la bobina la intensitat seguirà una ona sinusoidal convencional (6.23).

$$i(t) = i(0) + \frac{1}{L} \cdot \int_0^t v(t) \cdot dt \quad (6.23)$$

6.7.2. ECCP i CCP del PIC18F97J60

Per complir amb aquesta funció de PWM el PIC18F97J60 incorpora 5 mòduls de comparació, captura i modulació per polsos(PWM). Dos mòduls anomenats CCP i un altre mòdul millorat anomenat ECCP.

Els mòduls escollits per realitzar aquesta funció seran els 3 mòduls ECCP, que ocuparan els pins descrits a continuació:

Nombre Connexió	PIN	Port que ocupa	Input (V)	Ouput (mA)
PWM1A	53	RC2	5,5V	Drive High (25mA)
PWM1B	94	RE6	5,5V	Drive Medium (8 mA)
PWM1C	95	RE5	5,5V	Drive Medium (8 mA)
PWM2A	93	RE7	5,5V	Drive Medium (8 mA)
PWM2B	98	RE2	5,5V	Drive Medium (8 mA)
PWM2C	3	RE1	5,5V	Drive Medium (8 mA)
PWM3A	71	RG0	5,5V	Drive Minimum (2 mA)
PWM3B	96	RE4	5,5V	Drive Medium (8 mA)
PWM3C	97	RE3	5,5V	Drive Medium (8 mA)
PWM3D	51	RG3	5,5V	Drive Minimum (2 mA)

Caldrà fixar el valor de prescaler TMR del timer escollit (TMR2 o TMR4)

I per últim configurar el mòdul ECCP corresponent com PWM. CCPxCON. Es configuraran tots com x1xx 11AB

El mòdul ECCP té diversos modes de funcionament:

- 1 canal de sortida. (AB=00)
- 2 canals de sortida amb retard. (AB=01)
- 4 canals gir positiu. (AB=10)
- 4 canals gir negatiu. (AB=11)

Com mostra la Fig. 6.33:

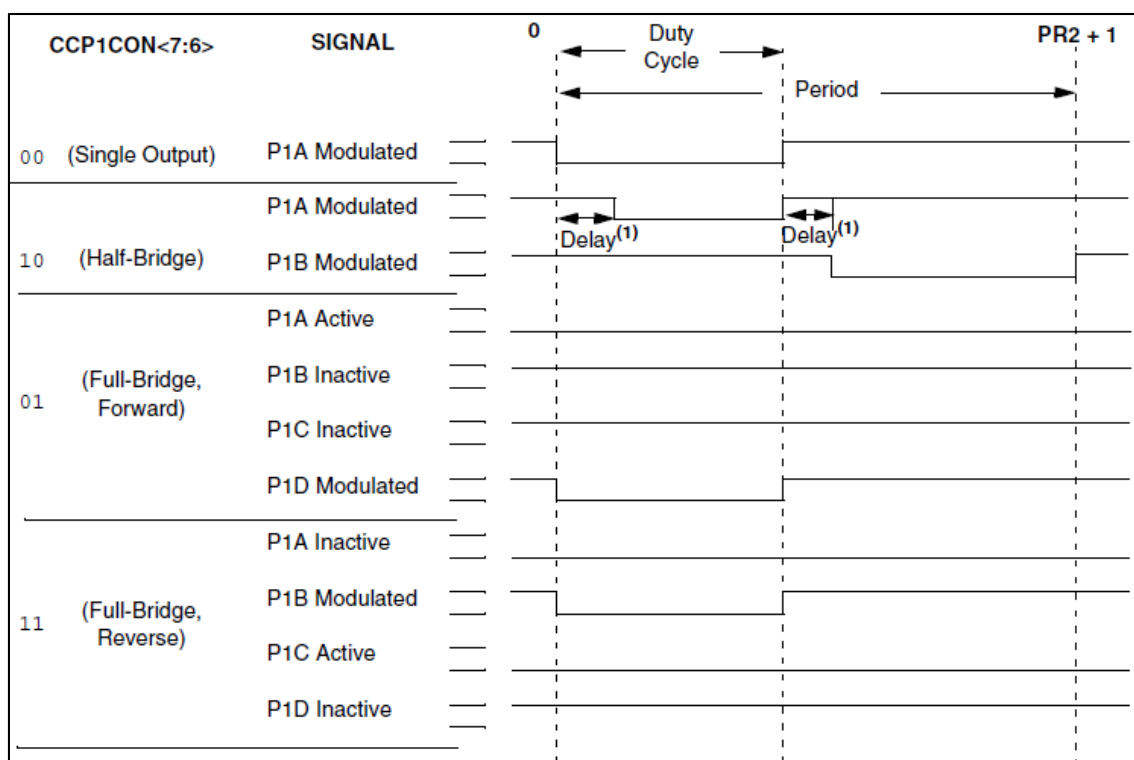


Fig. 6.34. Modes de Funcionament del PWM. (Datsheet PIC18F97J60)

6.7.3. Disseny de les sortides PWM.

Els ports del PWM aniran directament connectats als connectors del CUCB, però a les instruccions s’haurà d’informar del mètode de connexió a utilitzar segons la configuració del PWM, necessitaran resistències de PULL-UP o PULL DOWN.

A continuació l'esquema de connexions intern del PIC als connectors, els ports directes als connectors i els punts per de Vdd i Vss, pel muntatge de pull-up i pull-down.

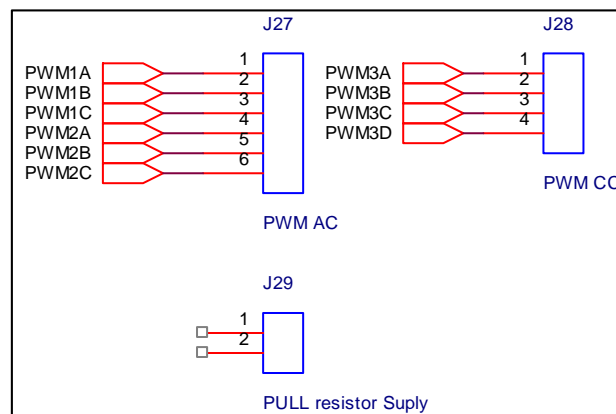


Fig. 6.35. Esquema circuit PWM.

6.8. Interfície Persona Màquina.

Com s'ha definit anteriorment el microcontrolador a de tenir una interfície entre la persona i la màquina. En aquest cas s'ha seleccionat un Pantalla i un teclat alfanumèric tipus telefònic.

Per tal de no ocupar un quantitat elevada de pins del microcontrolador, s'ha decidit utilitzar algun dels recursos de comunicació del PIC18F97J60I-PF, i s'ha trobat com el mes adient el MSSP1.

El MSSP1 es configurable com SPI o com I2C, per realitzar sinergies del coneixement ja adquirit per les sortides analògiques, es decideix configurar-lo com port I2C.

6.8.1. LCD03 blau S310127 i teclat matricial.

Com solució final de HMI tenint en compte que hem de s'ha de comunicar via I2C, sa triat la pantalla LCD03 blava S310127, amb el complement d'un teclat matricial. Es tracta d'una pantalla de 16 caràcters i dos files.

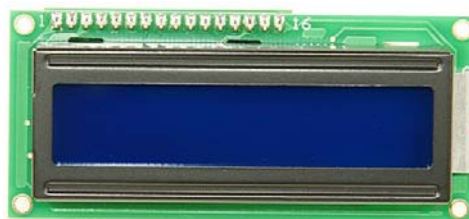


Fig. 6.36. Mòdul I2C i Sèrie 2x16 LCD03 blava S310127. (www.superrobotica.com)

La pantalla es capaç d' establir comunicació port sèrie (9600 bps, sense paritat i un bit de parada) o comunicació via I2C.

L'I2C del LCD03 incorpora un pont a la part de darrera (Fig. 6.35.), treien aquest pont abans de donar l'alimentació quedarà seleccionat aquest mode.

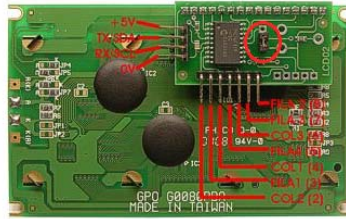


Fig. 6.37. Connexions i ponts LCD03 (www.superrobotica.com)

El LCD03 incorpora un complement opcional, que consisteix en un teclat matricial de 3x4. Les connexions s'estableixen tal com indica la Fig. 6.35., un cop establerta la connexió amb el LCD03, el teclat també funciona a través de I2C gestionat pel microprocessador del LCD03.

6.8.2. Disseny de l'HMI.

A l'hora de realitzar el disseny s'utilitzarà el MSSP1, no s'entrarà en detall d'aquest mòdul del PIC, ja que es idèntic al detallat en el subapartat 6.5.3.

S'establirà una connexió via I2C amb els fils de SCL (Clock) i SDA (dades), amb resistències de pull-up. Cal apuntar que el fabricant del LCD03 aconsella posar-me una a cada fil de entre 1k8ohms i 10 Kohm, per estandarditzar el prototip es faran servir les de 10Kohm.

A continuació la connexió directe entre els pins del teclat i el pins adients del LCD03 tal com indica la Fig. 6.35.. I per últim les alimentacions a 0 i 5V tal com indica el fabricant.

A continuació l'esquema de connexions final de la HMI:

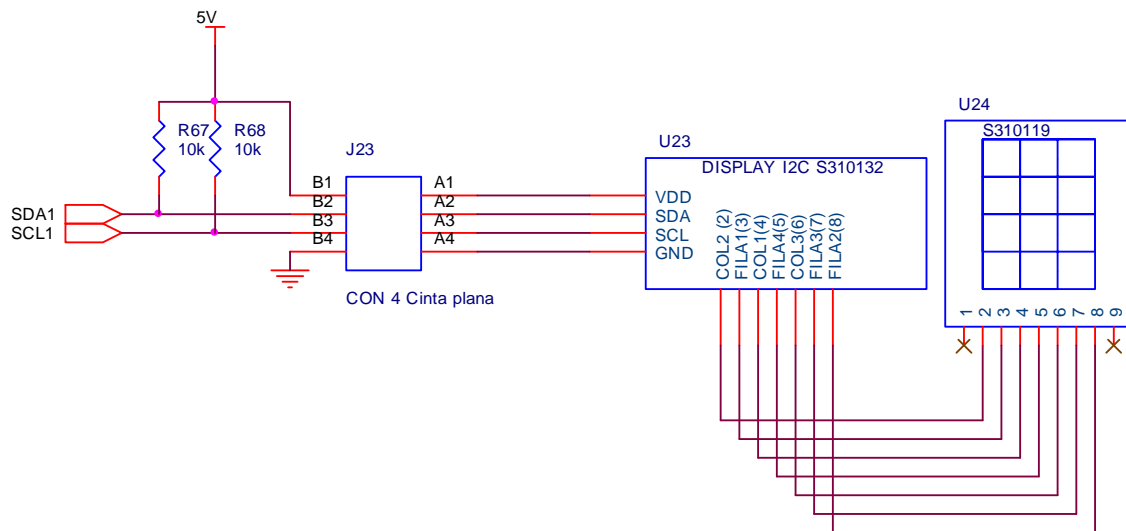


Fig. 6.38. Esquema de connexions HMI. (Elaboració pròpia.)

Apuntar que el muntatge del teclat i la pantalla es realitzarà en un placa apart de l'utilitzada en la resta de components del CUBC.

Es realitzarà connexió a través de connectors mascle i femella i un bus de 3 fils.

6.8.3. Protocol de comunicació I2C del HMI del LCD03.

Com s'ha esmentat en el subapartat 6.8.1. el LCD03 incorpora un mode de funcionament I2C, que treballarà amb el mòdul MSSP1 del PIC. S'ha decidit el bus I2C del de les entrades analògiques per diferenciar cada mòdul per diferents tipus de perifèrics, tot i que serien compatibles.

Aquesta comunicació treballarà en mode lectura del LCD03, per llegir la informació del teclat i en mode escriptura per escriure a la pantalla, tot això determinat pel l'últim bit del byte de dades transmès.

Abans de definir els protocols de comunicació, cal observar que la transmissió de dades I2C es mes ràpida que l'actualització de la pantalla del LCD03. Per aquest motiu incorpora un buffer de dades FIFO de 64 bytes de longitud.

Mode lectura:

- Condició STAR.
- Transmissió del byte de adreces que correspon a la direcció 0x07 per la lectura.

- Recepció del bit d'Acknowledge.
- Transmissió del byte de control.
- Recepció del Acknowledge.
- Recepció del MSbyte. (Fig. 6.38)
- Recepció d'Acknowledge
- Recepció del LSbyte. (Fig. 6.38)

Byte Alto								Byte Bajo								
0	0	0	0	4/3	4/2	4/1	3/3		3/2	3/1	2/3	2/2	2/1	1/3	1/2	1/1
0	0	0	0	#	0	*	9		8	7	6	5	4	3	2	1

Fig. 6.39. Estructura byte de dades teclat. (www.superrobotica.com).

- Condició STOP.

Mode escriptura al LCD03.

- Condició STAR.
- Transmissió del byte de adreces que correspon a la direcció 0x06 per escriptura..
- Recepció del bit d'Acknowledge.
- Transmissió del byte de control. (Fig.3.39)
- Recepció del Acknowledge.
- Transmissió del MSbyte.
- Recepció d'Acknowledge
- Transmissió del LSbyte.
- Condició STOP.

Decimal	Comando	Descripción
0	nulo (ignorado)	Ignorado como un comando sin operación
1	Inicio de Cursor	Fija el cursor en la posición de inicio (esquina superior izquierda)
2	Fijar cursor (1-80)	Fija el cursor en una posición especificada tras el byte siguiente, donde 1 es de la esquina superior izquierda y 80 es la esquina inferior derecha
3	Fijar cursor (línea, columna)	Fija el cursor utilizando dos bytes, donde el primer byte es la línea y el segundo byte es la columna
4	Ocultar cursor	Oculto la posición del cursor en el display
5	Mostrar cursor bajo	Cambia el tipo de cursor a un cursor bajo de subrayado
6	Mostrar cursor parpadeante	Cambia el tipo de cursor a un cursor parpadeante
8	Borrar carácter anterior	Elimina el carácter anterior a la posición del cursor del display
9	Tabulador horizontal (según configuración del tabulador)	Mueve la posición actual del cursor a la posición definida en la configuración del comando 18 (por defecto el espacio del tabulador es 4)
10	Salto de línea (LF) inteligente	Mueve el cursor a la línea inferior en la posición de la misma columna
11	Tabulador vertical	Mueve el cursor a la línea superior en la posición de la misma columna
12	Borrar pantalla	Borra toda la pantalla y coloca el cursor en la posición de inicio
13	Retorno de carro	Mueve el cursor al principio de la siguiente línea
14	Estado FIFO	El módulo devuelve el estado del buffer FIFO, el número de los bytes libres de 0 a 64
15	Versión del Software	El módulo devuelve la versión de su software en un sólo byte
16	Estado del teclado	El módulo devuelve el estado de entrada del teclado, dos bytes con el primer byte bajo en primer lugar (ver sección del teclado)
17	Borrar columna	Borra el contenido de la columna actual y mueve el cursor a la siguiente columna
18	Configuración tabulador	Define el tamaño del tabulador, el byte siguiente puede tener un tamaño de 1 a 10
19	Apaga la iluminación	Apaga la retro iluminación de la pantalla.
20	Enciende la iluminación	Enciende la retro iluminación de la pantalla.
27	Generador de caracteres personalizados	Permite la creación de 8 caracteres personalizados. Vea el apartado del generador de caracteres personalizados
32-255	Caracteres ASCII	Escribe caracteres ASCII en el display

Fig. 6.40. Taula de control del LCD03 (www.superrobotica.com)

6.9. Comunicació per sistemes distribuïts.

Com s'ha esmentat el capítol 5., el CUBC a d'incorporar un sistema de comunicació per components distribuïts industrials, en qual podrà funcionar com mestre o esclau, per interactuar amb altres controladors o components dins d'una xarxa industrial.

Per complir amb aquesta especificació s'ha decidit equipar-lo amb un port paral·lel tipus RS485 amb un bus de quatre fils.

6.9.1. Norma RS485.

Aquest es un estàndard de la capa física per transmissió balancejada per la comunicació digital. Les seves grans prestacions de velocitat, immunitat al soroll i la distància de treball el converteixen en un sistema molt robust de comunicació industrial.

Aquesta norma només defineix la capa física, que segueix el estàndard de comunicació que marca el model OSI.

Les seves principals característiques són les següents.

- Interfície diferencial.
- Connexió multipunt o xarxes.
- Alimentació única de 5V
- Fins a 32 estacions de carrega per cada driver.
- Velocitat màxima de 10 Mbit/s. Fins a 12,19 metres.
- Longitud màxima de abast de 1200 metres per transmissió de dades de fins a 100Kbps
- Rang de bus de -7V a +12V
- Compatible amb UART

Sobre aquest suport físic podrien actuar el següents estàndards de comunicació industrials com per exemple profibus o moodbus.

Aquesta norma indica que cada node de connexió es connecta a la línia de transmissió formant una cadena coneguda com topologia bus. Cada element o node de la xarxa es (driver, reciever) mitjançant uns cables de enllaç curts.

Cada interfície amb la tipologia tipus bus pot ser dissenyada per la comunicació dual simultània o dual no simultània:

- Connexió full dúplex: En aquest tipus de comunicació, la connexió es separa en dos parells de fils, un parell per transmissió de dades i un altre per recepció de dades. I es poden diferenciar dos tipus de topologies mes dintre d'aquest grup:
 - Punt a Punt: Amb dos nodes, la comunicació es directe entre només dos components que poden transmetre i rebre informació simultàniament. Connectant el transmissor d'un, al receptor del altre tal com indicada en la Fig.6.40.:

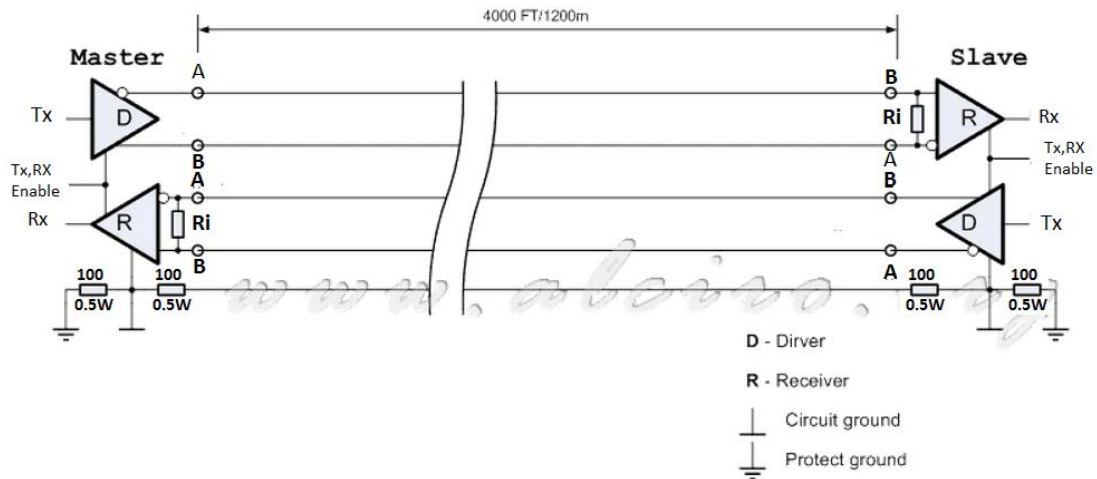


Fig. 6.41. Connexió Full-Duplex punt a punt en RS485 (alciro.org porf. R.Aranda)

- Multi punt: La topologia es semblant a la punt a punt, en quant a que es full dúplex, es a dir parell de cables per separat. La diferencia es que, un parell de cables es dedicarà a la transmissió d'un node anomenat màster i la recepció de la resta de nodes anomenats esclaus. L'altre parell de cables serà utilitzat per la transmissió dels esclaus cap el màster. Els esclaus mai podran establir comunicació directe entre ells.

La topologia de connexió es la indicada per la Fig. 6.41.:

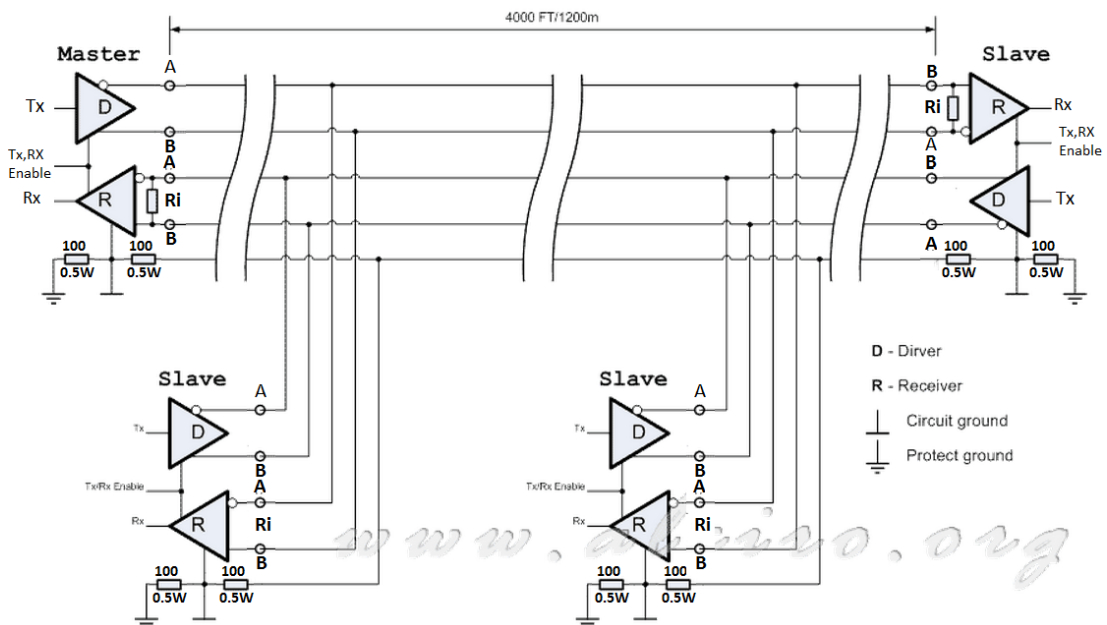


Fig. 6.42. Connexió Full-Duplex multipunt en RS485 (alciro.org porf. R.Aranda)

- **Connexió dos fils multipunt:** Aquest tipus de topologia simplifica el muntatge de la xarxa a dos fils i només poden comunicar-se de forma dual no simultània (half-duplex) es a dir només un node pot transmetre dades, es a dir contempla un tipus de comunicació pregunta resposta. El punt fort d'aquesta tipologia es que permet el mode multi màster, però a canvi de tenir que dur a terme un estricte arbitratge per evitar col·lisions. La topologia de muntatge es la indicada per la Fig. 6.41:

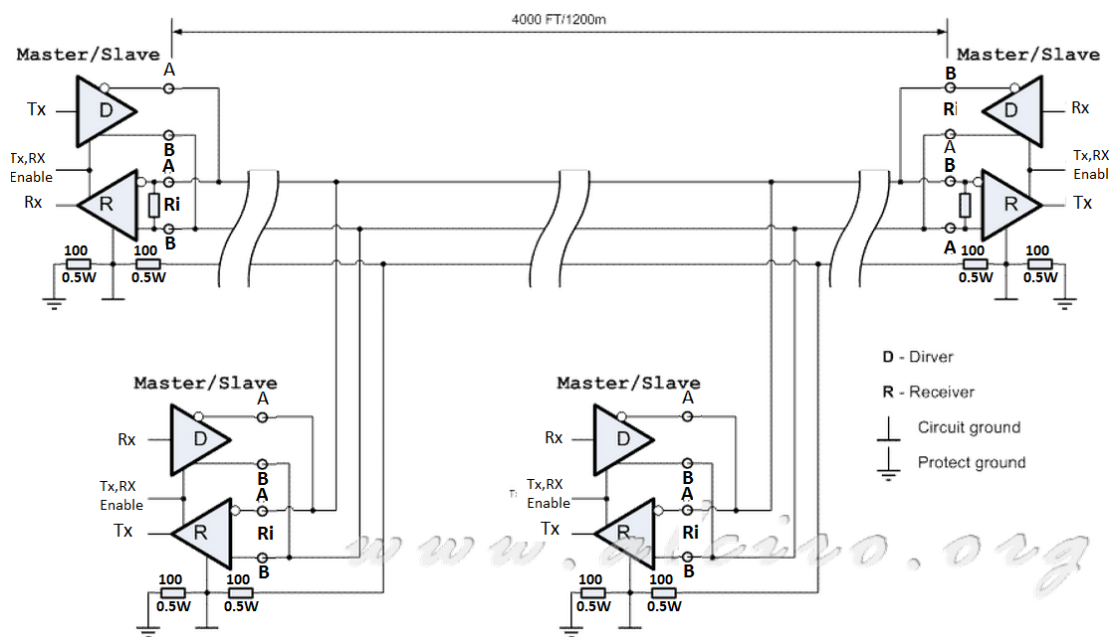
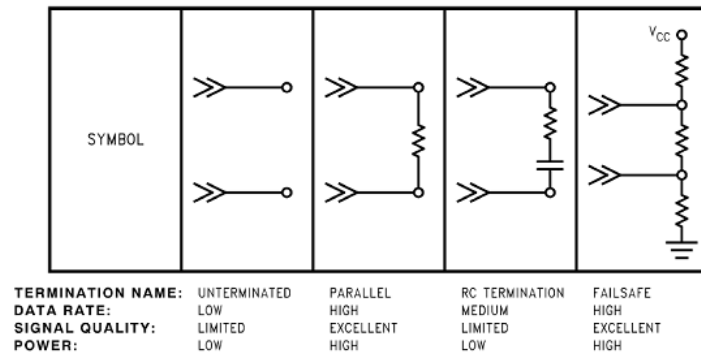


Fig. 6.43 Connexió Half-Duplex multipunt en RS485 (alciro.org prof. R.Aranda)

Per últim cal a dir que existeixen diferents tipus de terminacions de les línies, que influeixen en la recepció final que arriba al receptor final del RS485. En funció de la velocitat de transmissió, la longitud de les línies, el soroll extern es pot optar per un tipus de terminació o altre. Per els casos més favorables una línia amb terminació directa té un consum més baix, no obstant s'ha d'optar per un tipus de comunicació fiable. A continuació com indica la Fig. 6. 43. Les diferents terminacions de línies:

Fig. 6.44. Terminació de línies. (www.alcipro.org prof. R.Aranda).

Per últim les diferents característiques de les diferents terminacions.

Terminació	Qualitat del senyal.	Velocitat de transmissió	Comentaris.
Sense terminació	Pobre	Baixa	Baixa potencia
Sèrie	Bona	Baixa	Baixa potencia
Paral·lel	Excel·lent	Alta	Una resistència
AC	Bona	Media	Ideal para usar en Líneas de control
Power	Excel·lent	Alta	A prova d'errors per línies en estat de repòs (inactivitat)
Failsafe	Excel·lent	Alta	A prova d'errors para línies obertes, curtcircuitades y en inactivitat
Bidireccional	Excel·lent	Alta	Ideal para comunicació bidireccional en half duplex

Taula 6.5. Característiques de terminacions de RS485

6.9.2. Transceptor MAX3080CPD.

Per poder connectar la UART al bus de comunicació RS485, es necessari intercalar un transceptor per adaptar les tensions de funcionament d'un bus i altre.

Per aquest circuit s'ha triat el MAX3080CPD (Fig 6.42).:

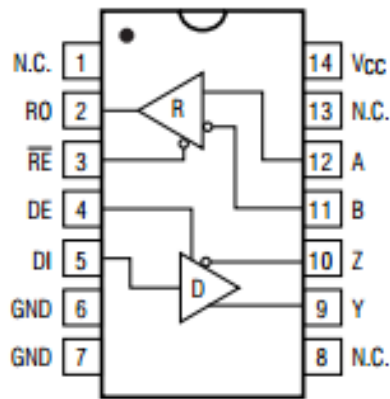


Fig. 6.45. MAX3080CPD. (Datasheet)

El 3080CPD ens és un transceptor amb un driver i receptor, que és capaç de adaptar comunicacions RS485 i RS422. En el cas del TFC l'utilitzarem per comunicació RS485.

Compte de dues bandes, una es defineix com la part de control, que és la part que connecta amb la UART i el PIC. I la part de comunicació externa, que es l'encarrega d'establir comunicació amb el món exterior.

La part de control conta amb un pin d'habilitació de la recepció (RE*), un altre de recepció (RO), habilitació de sortida (OE) i un altre de dades de sortida (DI).

Segons el tipus de topologia de connexió externa establerta s'haurà de arbitrar o no, en l'habilitació del driver i el receptor.

6.9.3. Eusart2 mode asíncron per RS485.

El PIC18F97J60 incorpora dos mòduls anomenats EUSART, que són mòduls per establir comunicació, que és capaç d'establir comunicacions síncrones o asíncrones. Pel cas de RS485 es farà servir en mode asíncron com màster, és a dir no tindrem senyal de rellotge.

Com entrades i sortides de dades té el RX2 i el TX2 per configurar la EUSART2 en aquest mode tenim els següents SFR:

RXSTA2: Registre de control i estat de la transmissió.

- CSRC: Selecció de la font de rellotge no té importància en la transmissió asíncrona.

- TX9: Selecció de la longitud de la paraula de dades TX '1' s'inclou el novè bit que pot ser de dades d'adreces o de paritat. TX'0' no l'inclou.
- TXEN: Habilita la transmissió de dades per el driver, en el aquest cas simultàniament habilitarem RD1 per habilitar aquesta funció en el transceptor.
- SYNC: en mode asíncron haurà de ser '0'.
- SENDB: Transmissió del bit de ruptura en el següent bit, només vàlid en mode asíncron. S'esborra per hardware després d'enviar-lo.
- BRGH: No té importància en mode asíncron.
- TRTM: Estat del registre de transmissió '1' buit, '0' ple.
- TXD9: 9è bit de transmissió de dades, pot referenciar-se a adreça o paritat.

RCSTA2: Registre de control i estat de la recepció.

- SPEN: Habilitació del port sèrie, en el aquest cas haurà d'estar a '1' perquè el RG1 i RG2, tinguin la funció TXD2 i RXD2.
- RX9: Habilitació de recepció del 9è bit. El deixarem a '0'.
- SREN: No té importància en mode asíncron.
- CREN: Habilitació de recepció continua.
- ADDEN: Habilita la detecció del 9è bit com adreces RX te que estar a '0'.
- OERR: Error de desbordament '1', es pot solventar amb el CREN.
- RX9D: 9è bit de dades que pot ser d'adreces o de paritat. No té importància en aquest cas.

BAUDCON2x: Registre de control de velocitat de transmissió.

- ABDOVF: Bit de desbordament de la autodetecció de velocitat de transmissió. S'ha d'esborrar per firmware.
- RCIDL: Estat en repòs de la recepció. '1' en repòs, '0' actiu.

- RXDTP: Polaritat de la recepció. '1' invertida, '0' no invertida.
- TXCKP: Polaritat de la transmissió de dades. '1' invertida, '0' no invertida.
- BRG16: Configuració generador de la velocitat de transmissió. '1' registre de 16 bits, '0' registre de 8 bits.
- WUE: Bit d'habilitació de wake up.
- ABDEN: Habilitació de l'autodetecció de la velocitat de transmissió, s'esborra automàticament quan a finalitzat.

No s'entrarà en més detall sobre aquest port en aquest tipus d'implementació, ja que no s'arribarà a l'implementació. L'usuari final haurà de consultar el manual del PIC per muntar xarxes RS485.

6.9.4. Disseny del port de comunicació RS485.

Per el disseny d'aquest port ens basarem en els tres subapartats anteriors, i serà necessari implementar la EUSART 2 del PIC, el transceptor MAX3080CDP i dos sortides digitals del port D que queden lliures. A continuació una taula de la ocupació dels pins del PIC.

Nombre Connexió	PIN	Port que ocupa	Input (V)	Ouput (mA)
RD0	92	RD0	5,5V	Drive Medium (8 mA)
RD1	91	RD1	5,5V	Drive Medium (8 mA)
TXD2	70	RG1	5,5V	Drive Minimum (2 mA)
RXD2	52	RG2	5,5V	Drive Minimum (2 mA)

Taula 6.6. Descripció dels pins del microcontrolador associats a RS485.

En la part que connecta amb el PIC el pin recepció RXD2 de la anirà connectat al pin de sortida de recepció (RO) del MAX8030CPD, el port RD0 anirà connectat al pin de (RE*). El pin de transmissió (TXD2) anirà connectat al pin de driver input (DI) del MAX3080CPD, i el pin del port RD2 anirà connectat a l'habilitació del driver.

Per la part que connecta amb el món exterior, es farà un muntatge tipus paral·lel amb una resistència de 120ohms a una regleta de 4 pins, es a dir, la resistència serà posada en paral·lel entre els pins de sortida (A,B) i aquets nusos directament a la regleta per separats. La sortida del driver (Z;Y) aniran directament connectats a la regleta.

S'instal·larà una resistència de desacoblament entre l'alimentació positiva i la massa i es posaran a massa els dos pins adients del MAX3080CPD.

A continuació l'esquema de connexions del port RS485 com indica la Fig. 6.43:

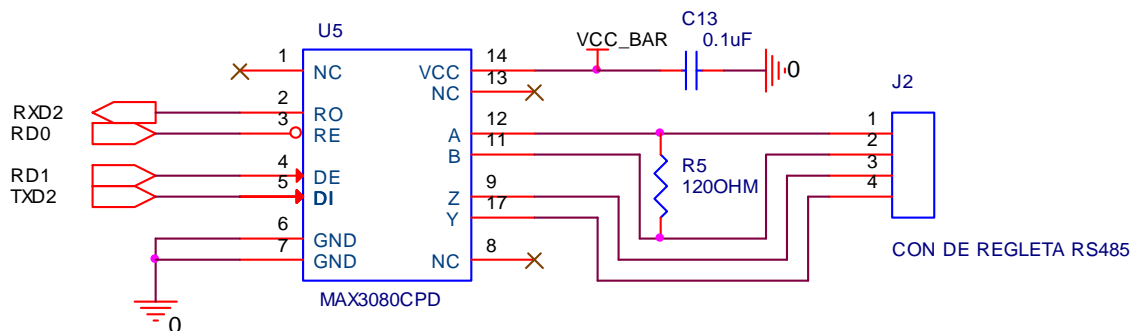


Fig. 6.46. Esquema de connexions del port RS485.

6.10. Port Sèrie RS232.

Com s'ha definit anteriorment el CUBC a de comptar amb un port de comunicació sèrie, per la futur port de desenvolupament d'alt nivell a través d'un software en el PC i un firmware prèviament instal·lat al microcontrolador.

Com comprovació de aquesta futura utilitat s'implementarà un port RS232 el qual es connectarà a una aplicació informàtica que actuarà sobre les sortides digitals i interpretarà l'estat de les entrades.

Per realitzar aquest muntatge s'utilitzarà el port EUSART1 que incorpora el PIC, un transceptor compatible amb la EUSART1 i la comunicació RS232, per adaptar les característiques elèctriques i per últim un connector femella DB9.

6.9.1. Norma RS232.

La norma RS232 o estàndard EIA RS232, es un norma establerta per definir un tipus de connectivitat sèrie.

Al contrari que la norma RS485 que es una evolució d'aquesta mateixa norma, només pot establir comunicació punt a punt.

Aquesta norma defineix les característiques descrites a la taula 6.6:

Paràmetres	Condicions	Min	Max
Tensió de sortida del driver en circuit obert.			25 V
Tensió de sortida del driver amb càrrega	$3\text{ K}\Omega \leq R_L \leq 7\text{ K}\Omega$	5V	15V
Impedància de sortida del driver, Apagat	$-2\text{V} \leq V_o \leq 2\text{V}$		300 Ω
Corrent de curtcircuit del driver.			500mA
Driver Output Slew Rate			30 V/ μ s
Capacitat màxima de càrrega			2500pF
Impedància d'entrada del receptor	$3\text{V} \leq V_{IN} \leq 25\text{V}$	3000 Ω	7000 Ω

Taula 6.7. Característiques principals RS232. (www.alcipro.org prof. R.Aranda)

A continuació una petita descripció dels PINS del DB9 femella i mascle desde el punt de vista del PC, desde el punt de vista del pic els pins 2 i 3 van invertits:

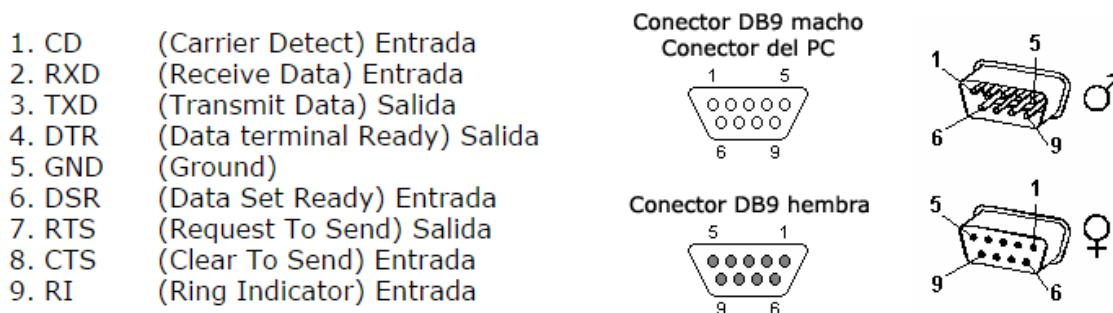


Fig. 6.47. Descripció connector DB9 en RS232.

(http://perso.wanadoo.es/pictob/comunicacion_pic_pc_via_rs232.htm)

6.9.2. Transceptor MAXRS232N.

El transceptor MAXRS232N es un transceptor dissenyat per Texas Instruments, el qual consisteix en dos ports tipus RS232, del qual només se faran servir un d'ells.

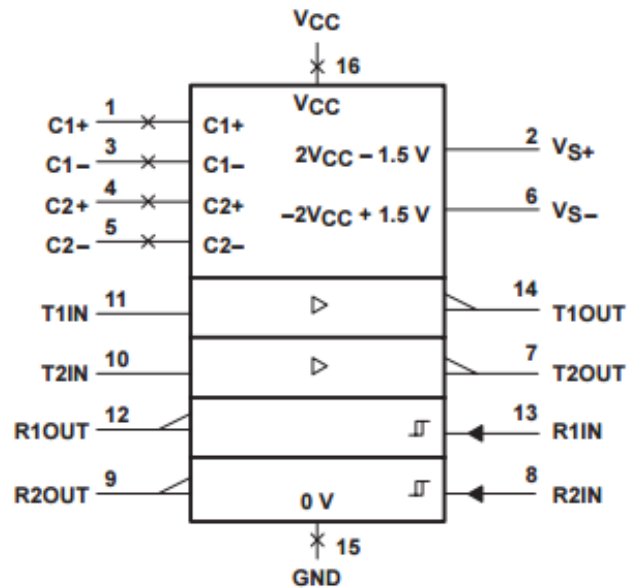


Fig. 6.48 Diagrama lògic MAXRS232N. (Datasheet)

D'aquests transceptors farem servir un transmissor (T1IN,T1OUT), un receptor (R1IN,R1OUT).

La l'entrada de la transmissió anirà connectada al pin de transmissió de la EUSART i la sortida al pin 2 del DB9, que es el pin pel qual rep el missatge el PC.

La sortida del receptor anirà connectada al pin de recepció de la EUSART i la sortida del receptor al pin de transmissió que arriba desde el PC.

La massa anirà en comú amb el PIN 5 del DB9 i l'alimentació a 5 V amb condensador de desacoblament de $0.1\mu\text{F}$.

V_{S+} anirà a positiu (5V) mitjançant un condensador electrolític de $0.1\mu\text{F}$ i V_{S-} a negatiu amb un condensador de $0.1\mu\text{F}$.

Entre C1+ i C1- s'intercalerà un condensador electrolític de $0.1\mu\text{F}$ el mateix que en C2.

La resta de pins del DB9 quedaran lliures, ja que per establir la comunicació PC via PIC només necessitarem aquets 3 fils.

Les principals característiques elèctriques d'aquest transceptor son les següents:

- Tensió d'alimentació: $V_{CC} \rightarrow -0.3 \text{ a } 6\text{V}$
- Alimentació del rang positiu: $V_{S+} \rightarrow V_{CC} -0.3 \text{ a } 15\text{V}$

- Alimentació del rang negatiu: $V_{s-} \rightarrow -0.3$ a $15V+$
- Rang de tensió d'entrada del driver: $V_i \rightarrow (V_{s-}) -0.3$ a $(V_{s+}) +0.3V$
- Rang de tensió d'entrada del receptor: $V_i \rightarrow \pm 30V$
- Duració de curtcircuit T1OUT T2OUT: \rightarrow Il·limitat

6.9.3. Eusart1 mode asíncron per RS232.

Per fer servir aquest port utilitzarem la EUSART1 del PIC en mode asíncron a una velocitat de transmissió de 9600bits/s.

Com entrades i sortides de dades té el RX1 i el TX1 per configurar la EUSART2 en aquest mode tenim els següents SFR:

RXSTA1: Registre de control i estat de la transmissió.

- CSRC: Selecció de la font de rellotge no té importància en la transmissió asíncrona.
- TX9: Selecció de la longitud de la paraula de dades TX '1' s'inclou el novè bit que pot ser de dades d'adreces o de paritat. TX'0' no l'inclou. En aquest cas el deixarem a 0.
- **TXEN**: Habilita la transmissió de dades per el driver.
- SYNC: en mode asíncron haurà de ser '0'.
- SENDB: Transmissió del bit de ruptura en el següent bit, només vàlid en mode asíncron. S'esborra per hardware després d'enviar-lo. En aquest cas el deixarem a 0.
- **BRGH**: Habilita la velocitat alta de transmissió. El seu valor es definirà al calcular SPBRG més endavant.
- TRTM: Estat del registre de transmissió '1' buit, '0' ple.
- TXD9: 9é bit de transmissió de dades, pot referenciar-se a adreça o paritat. No s'utilitzarà.

RCSTA1: Registre de control i estat de la recepció.

- **SPEN**: Habilitació del port sèrie, en el aquest cas haurà d'estar a '0' perquè el RG1 i RG2, tinguin la funció TXD2 i RXD2.
- **RX9**: Habilitació de recepció del 9è bit.
- **SREN**: No te importància en mode asíncron.
- **CREN**: Habilitació de recepció continua. '1'
- **ADDEN**: Habilita la detecció del 9è bit com adreces RX te que estar a '1'.
- **OERR**: Error de desbordament '1', es pot solventar amb el CREN.
- **RX9D**: 9è bit de dades que pot ser d'adreces o de paritat.

BAUDCON1x: Registre de control de velocitat de transmissió.

- **ABDOVF**: Bit de desbordament de la autodetecció de velocitat de transmissió. S'ha d'esborrar per firmware.
- **RCIDL**: Estat en repòs de la recepció. '1' en repòs, '0' actiu.
- **RXDTP**: Polaritat de la recepció. '1' invertida, '0' no invertida. **'0'**
- **TXCKP**: Polaritat de la transmissió de dades. '1' invertida, '0' no invertida.
- **BRG16**: Configuració generador de la velocitat de transmissió. '1' registre de 16 bits, '0' registre de 8 bits. El seu valor es defineix al calcular el SPBRG.
- **WUE**: Bit d'habilitació de wake up.
- **ABDEN**: Habilitació de l'autodetecció de la velocitat de transmissió, s'esborra automàticament quan a finalitzat.

Els bits en negreta son els que es parametritzaran a l'hora de inicialitzar la EUSART1 la resta o mantindran el nivell lògic preestablert o no tenen importància.

A continuació es procedeix a realitzar el càlcul per parametritzar la velocitat de transmissió a 9600 bauds, tenint en compte que el nostre oscil·lador funciona 20MHz.

Segons l'estat de BRGH i BRG16 existeixen 3 fórmules per calcular la velocitat de transmissió, les fórmules son les indicades a la Fig. 6.48 on 'n' es SPBRG:

Configuration Bits			BRG/EUSARTx Mode	Baud Rate Formula
SYNC	BRG16	BRGH		
0	0	0	8-bit/Asynchronous	Fosc/[64 (n + 1)]
0	0	1	8-bit/Asynchronous	Fosc/[16 (n + 1)]
0	1	0	16-bit/Asynchronous	
0	1	1	16-bit/Asynchronous	Fosc/[4 (n + 1)]
1	0	x	8-bit/Synchronous	
1	1	x	16-bit/Synchronous	

Legend: x = Don't care, n = value of SPBRGHx:SPBRGx register pair

Fig. 6.49. Formula de càlcul de la velocitat de transmissió. (Datasheet)

A continuació es realitzaran els càlculs per les 3 fórmules de 'n', i a continuació calcularem l'error respecte el 9600 bauds desitjats, l'error mínim donarà la parametrització del SPBRGH1, SPBRG1, del BRGH i del BRG16, s'ha de tenir en compte que en aquest muntatge el Fosc es igual a 25MHz

$$BRGH=0 ; BRG16=0 \rightarrow n = \frac{25.000.000}{9600 \cdot 64} - 1 \cong 40 \quad (6.26)$$

$$BR1 = \frac{25.000.000}{[64 \cdot (40+1)]} = 9527 \text{ bauds} \quad (6.27)$$

$$Err1 = 1 - \frac{9527}{9600} = 0.76\% \quad (6.28)$$

$$BRGH \text{ XOR } BRG16=1 \rightarrow n = \frac{25.000.000}{9600 \cdot 16} - 1 \cong 162 \quad (6.29)$$

$$BR2 = \frac{25.000.000}{[16 \cdot (162+1)]} = 9645 \quad (6.29)$$

$$Err2 = 1 - \frac{9645}{9600} = 0.47\% \quad (6.28)$$

$$BRGH=1; BRG16=1 \rightarrow n = \frac{25.000.000}{9600 \cdot 4} - 1 \cong 651 \quad (6.31)$$

$$BR3 = \frac{25.000.000}{[4 \cdot (651+1)]} = 9608 \quad (6.29)$$

$$Err3 = 1 - \frac{9608}{9600} = 0.08\% \quad (6.28)$$

Per tant la configuració serà la següent:

- BRGH=1; Habilitació del mode d'alta velocitat.
- BRG16=1; Habilitació del mode 2 bytes al BRG.
- SPBRGH1 = 0X02; Valor 524 decimal. A sumar amb el SPBRG1
- SPBRG1 = 0x8B; Valor 139 decimal junt al SPBRGH1 sumen 651

Per transmetre sa d'escriure al byte TXREG1, per llegir s'ha d'observar el valor del RCREG1.

Per últim caldrà configurar TRISC<7> a '1' per definir RXD1 com entrada. I TRISC<6> a '0' per definir TX1 com sortida.

6.9.4. Disseny del port de comunicació RS232.

Per el disseny d'aquest port ens basarem en els tres subapartats anteriors, i serà necessari implementar la EUSART 1 del PIC, el transceptor MAXRS232N. A continuació una taula de la ocupació dels pins del PIC.

Nombre Connexió	PIN	Port que ocupa	Input (V)	Ouput (mA)
TXD1	45	RC6	5,5V	Drive High (25mA)
RXD1	46	RC7	5,5V	Drive High (25mA)

Taula 6.8. Descripció dels pins del microcontrolador associats a RS232.

En la subapartat 6.9.2 s'explica com es connecta el transceptor, així que es procedeix a mostrar directament l'esquema de connexions:

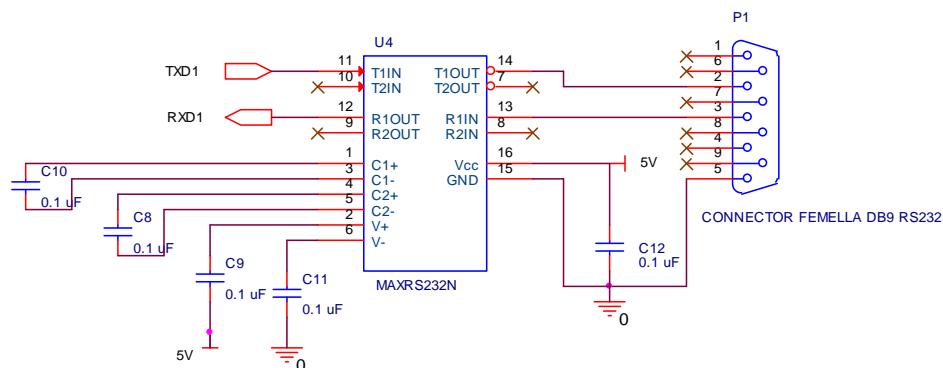


Fig.6.50. Esquema de connexions del port RS232

6.11. Comunicació PC → CUBC.

Com s'ha esmentat en objectius i especificacions tècniques, es desenvolupa el port RS232 per el futur desenvolupament a alt nivell d'aplicacions al CUBC. Per aquest motiu en aquest apartat es demostrarà la comunicació entre el PC i el CUBC a través d'aquest port

Aquest apartat el podem dividir en dues parts, el desenvolupament d'una aplicació informàtica i el desenvolupament d'un firmware per descarregar al PIC.

En primer lloc es realitzaran una prova d'una aplicació informàtica, a través de Borland Builder C++ 6, que comunica amb ella mateixa a través d'un pont de comunicació sèrie virtual (virtual serial port emulator).

En segon lloc definirem un protocol de comunicació entre PC i CUBC.

Per últim es desenvoluparà l'aplicació i el firmware.

6.11.1. Aplicació de prova del RS232 al PC.

Degut a que no es disposa de port sèrie físic disponible, es realitzarà un enllaç entre el COM1 i COM2 de manera virtual a través del Virtual Serial Port Emulator (Fig 6.48), que es un software gratuït per simular comunicacions sèrie.

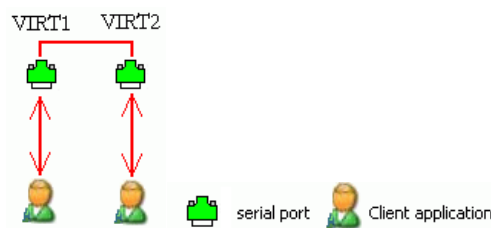


Fig. 6.51. Pont virtual.

Per configurar aquesta estructura virtual s'ha de crear un nou dispositiu tipus "PAIR", i el resultat en el Virtual Port Emulator serà el següent:

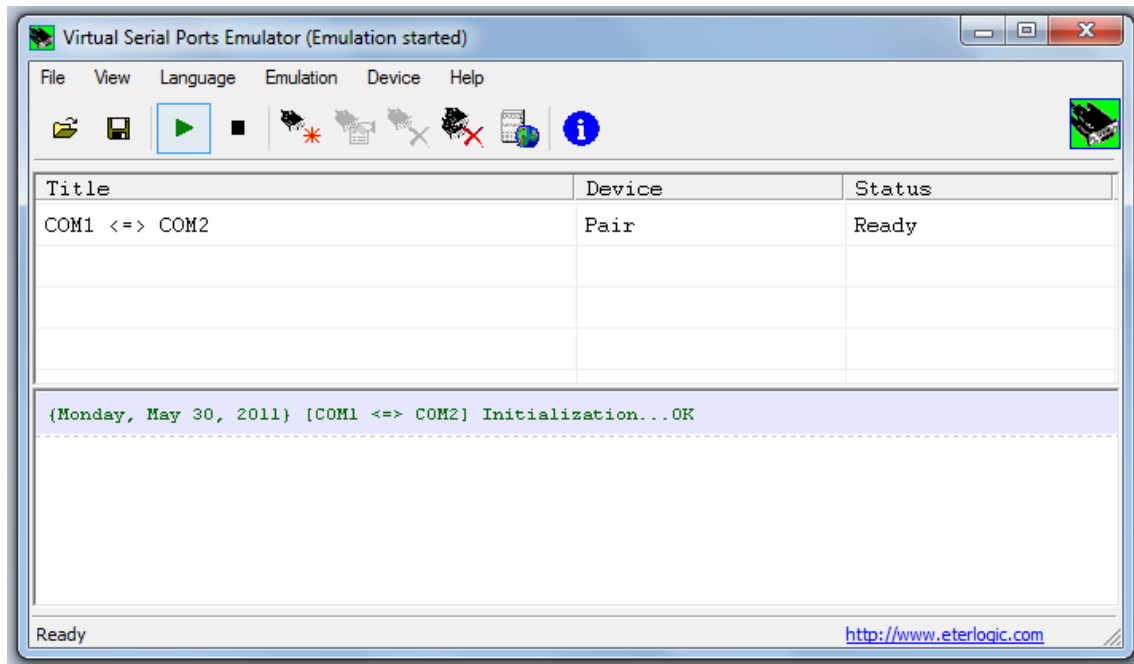


Fig. 6.52. Virtual Serial Port Emulator. (Elaboració pròpia)

Un cop establert l'enllaç virtual s'executarà dos cops l'aplicació informàtica i es transmet el missatge "Prova RS232" pel COM1:

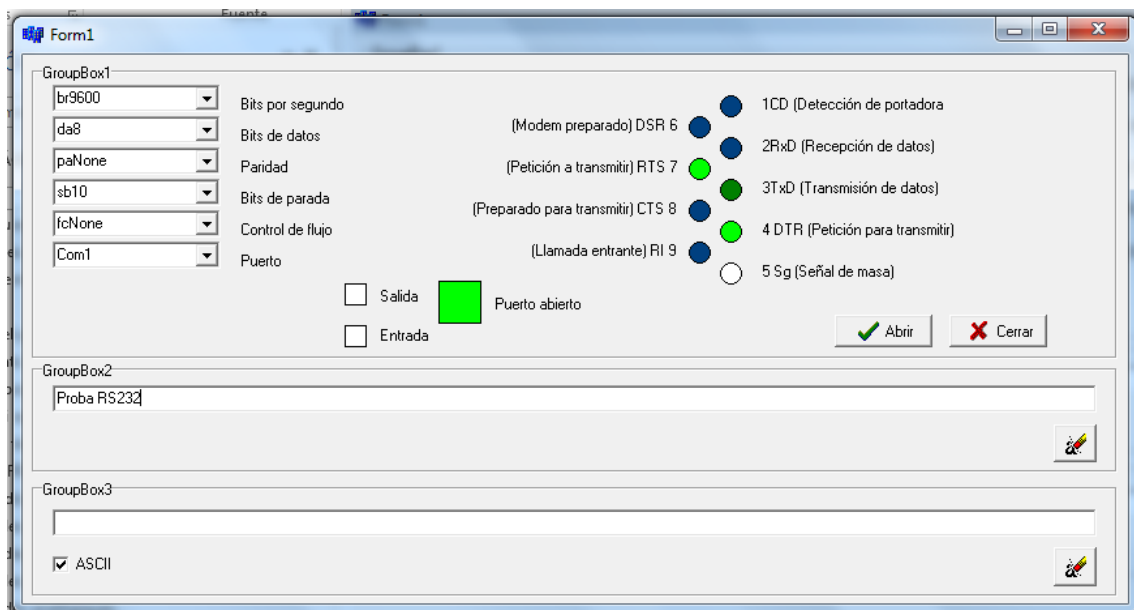


Fig. 6.53. Transmissió de cadena per RS232. (Elaboració pròpia)

La transmissió es rebrà a la segona aplicació oberta a través del COM2:

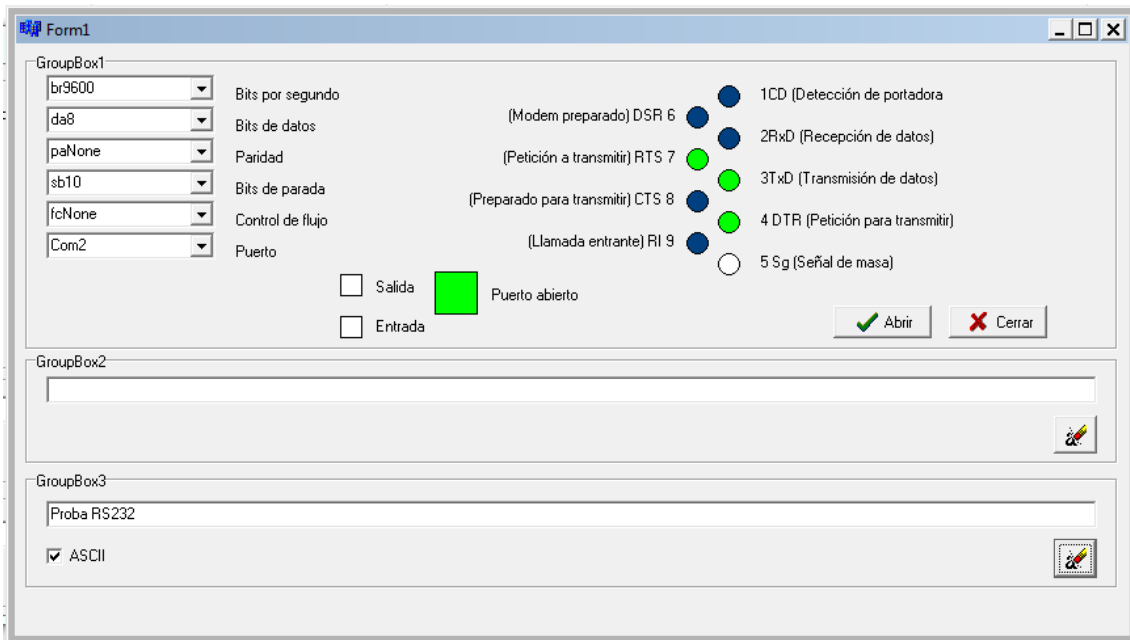


Fig. 6.54. Recepció de cadena per RS232. (Elaboració Pròpia)

6.11.2. Definició del protocol PC → CUBC.

En aquest subapartat es definirà el protocol de comunicació entre el PC i el CUBC.

El conjunt dels dos programes consistirà en que l'aplicació informàtica podrà actuar sobre els ports de sortida digitals optoacobllats del CUBC i el CUBC enviarà informació sobre l'estat de les seves entrades seves entrades optoacobllades. El resultat es podrà observar a través dels LEDs de sortida del CUBC i els checkbox de l' aplicació informàtica.

L'aplicació informàtica enviarà les següents trames per activar o desactivar les sortides.

Port PIC.	Port CUBC	Trama Activació	Trama Desactivació
RB0	DO00	“M0”	“P0”
RB1	DO01	“M1”	“P1”
RB2	DO02	“M2”	“P2”
RB3	DO03	“M3”	“P3”
RB4	DO04	“M4”	“P4”
RB5	DO05	“M5”	“P5”
RD2	DO06	“M6”	“P6”
RD3	DO07	“M7”	“P7”

Taula 6.9. Trama PC→CUBC (Elaboració pròpia).

D’altre banda el CUBC enviarà la següent trama a l’aplicació informàtica per a que interpreti l’estat de les entrades:

Port PIC.	Port CUBC	Trama Activació	Trama Desactivació
RH0	DI00	“N0”	“F0”
RH1	DI01	“N1”	“F1”
RH2	DI02	“N2”	“F2”
RH3	DI03	“N3”	“F3”
RJ0	DI04	“N4”	“F4”
RJ1	DI05	“N5”	“F5”
RJ2	DI06	“N6”	“F6”
RJ3	DI07	“N7”	“F7”

Taula 6.10. Trama PC→CUBC (Elaboració pròpia).

6.11.3. Funcionament Firmware i Software Prova RS232.

A part de la de la parametrització de la USART ja descrita anteriorment, el funcionament del codi del Firmware al CUBC, consisteix en detectar la recepció de dades. Un cop detectada interpreta la trama i activa la sortida adient. Per altre banda, també detectarà la modificació de l’estat d’una entrada a través d’un registre buffer d’estat anterior i actuarà en conseqüència enviant la trama adient.

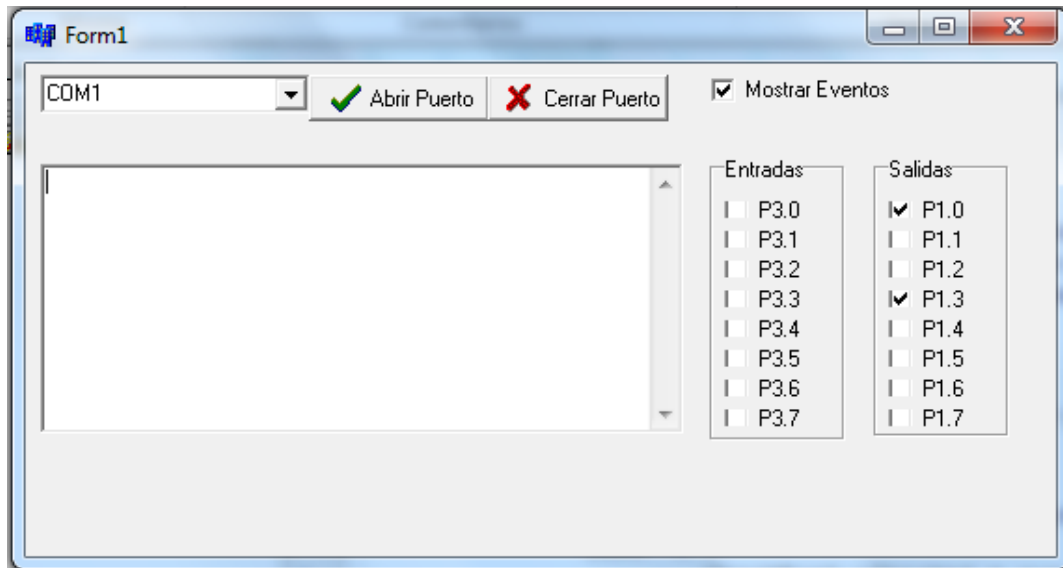


Fig. 6.55 Aplicació RS232 PC. (Elaboració pròpia).

Per un altre banda, al detectar un missatge d'entrada a l'aplicació informàtica (Fig. 6.53.), es modificarà el checkbox adient i es donarà informació al MEMO1 de la modificació transcorreguda. Per un altre banda, al modificar un checkbox de sortida s'enviarà la trama adient al CUBC.

Per establir la comunicació física s'ha utilitzat un convertidor USB a sèrie RS232, ja que els portàtils actualment no disposen de port RS232.

7. Planificació.

Per realitzar la planificació del projecte de detall s'ha utilitzat el programa Microsoft Project. Inicialment es defineixen totes les tasques que es duran a terme en la elaboració del projecte de detall. Una vegada es coneixen totes les tasques a realitzar s'estableixen les precedències i relacions entre les tasques.

Les tasques a realitzar es poden agrupar en quatre conjunts principals:

- A. Redefinició dels de l'abast i les especificacions i Planificació. (64h)
- B. Adaptació de components no DIL. (24h).
 - Adaptació PIC18F97J60 TQTF→DIL.
 - Adaptació DAC MSOP→DIL.
- C. Disseny electrònic: Càlculs, selecció de components i esquemes. (128h)
 - Esquema PIC., Alimentació, reset, ICD i rellotge.
 - E/S Digitals.
 - E/S Analògiques.
 - Sortides PWM.
 - Interfície Home màquina.
 - Comunicació RS485.
 - Comunicació RS232.
- D. Comanda materials i selecció d'alternatives per falta d'estoc. (24h)
- E. Muntatge prototip i comprovacions per firmware dels esquemes. (140h)
 - PIC i perifèrics. (Alimentació, reset, ICD, LED de proves i rellotge)
 - Entrades digitals.
 - Sortides digitals.
 - Entrades Analògiques.

- Sortides Analògiques. (Sense firmware).
- PWM (Sense firmware).
- Pantalla i teclat. (Sense firmware).
- Comunicació RS485. (Sense firmware).
- Comunicació RS232.
- F. Desenvolupament d'aplicacions informàtiques i firmware. (90h)
 - Aplicació PC → RS232 amb port virtual RS232.
 - Definició de protocol de comunicació.
 - Aplicació PC → CUBC a través de RS232.
 - Firmware CUBC → PC a través de RS232.
- G. Documentació. (90h)
 - Memòria.
 - Plànols.
 - Estudi econòmic.
 - Annexos.
 - Firmware al PIC18F97J60
 - Aplicacions informàtiques.
- F. Elaboració de presentació i demostracions. (40h)
 - Elaboració de PPT i guió.
 - Prova de demostracions amb el CUBC.

Per poder dur a terme aquest seguit de tasques en la programació del diagrama indicada al diagrama de GANTT d'un total de 600h.

S'ha establert una jornada laboral de dilluns a divendres 19h a 22h i de dissabte a diumenge de 8 a 18h.

7.1. Planificació prevista del projecte.

➤ Diagrama de Gantt de les tasques del projecte de detall part 1:

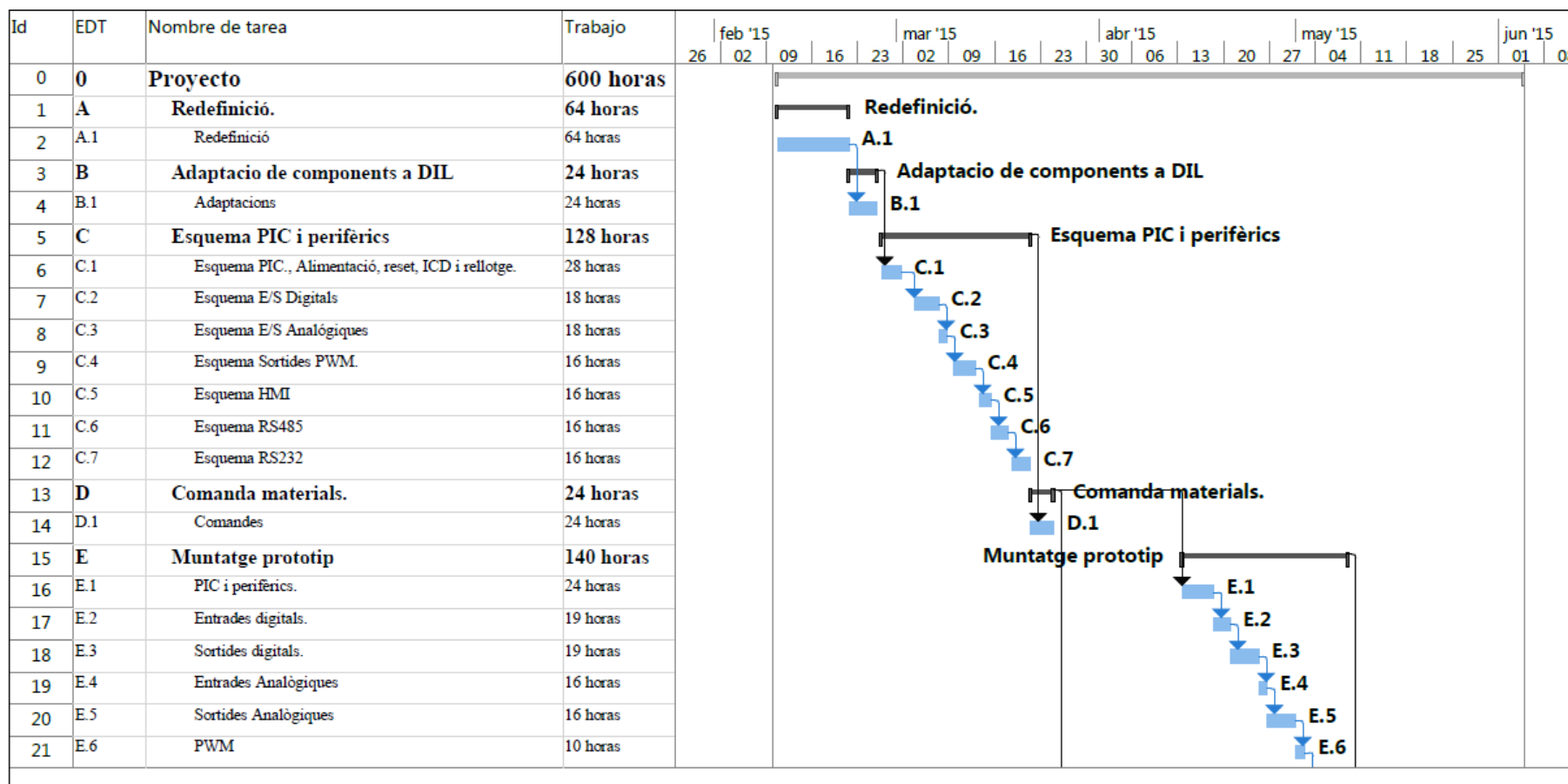


Fig. 7.1. Planificació prevista part 1. (Elaboració pròpia)

7.2. Seguiment de l'execució del projecte.

- Diagrama de Gantt del seguiment de les tasques del projecte de detall part 1:

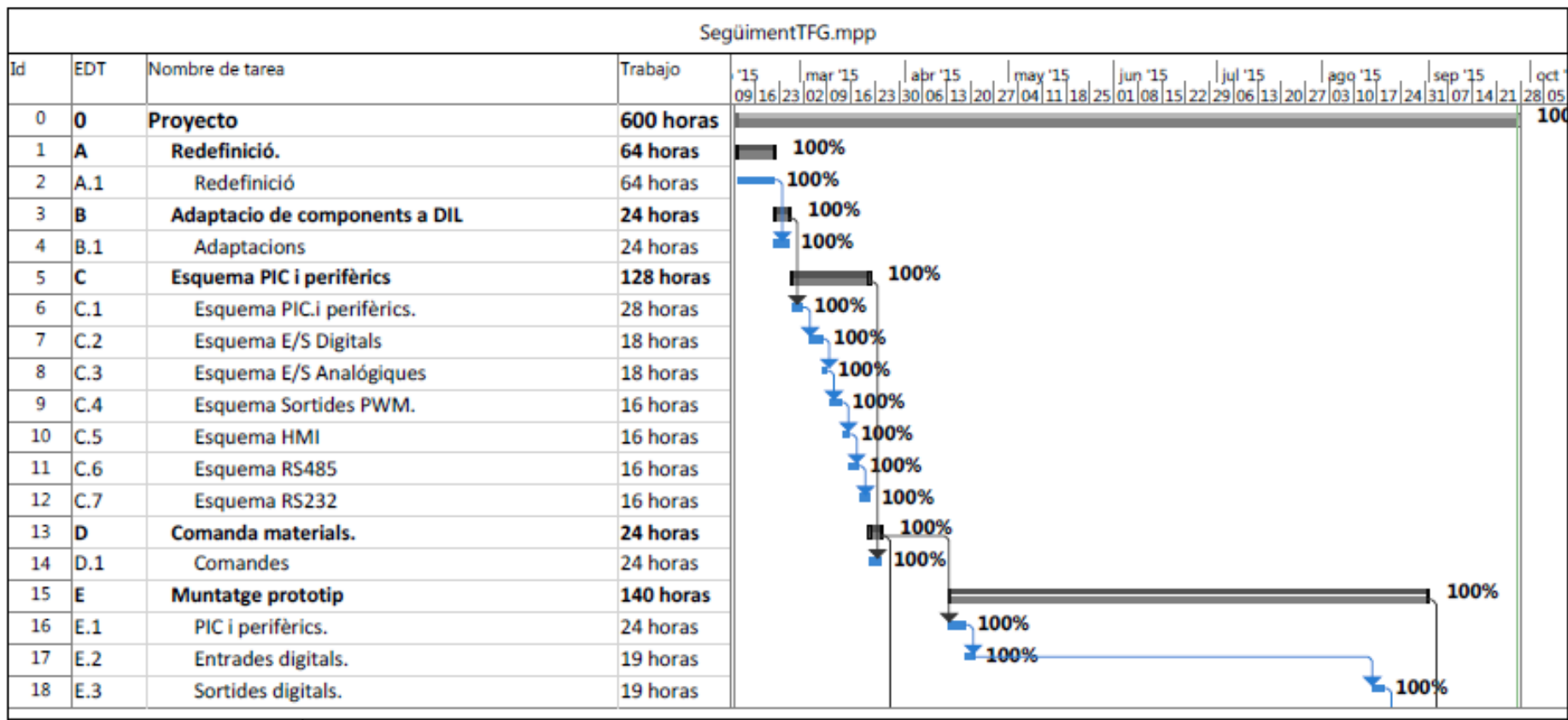


Fig. 7.3. Seguiment de l'execució part 1. (Elaboració pròpia)

➤ Llistat de duracions, costos i recursos assignats de les tasques.

EDT	Nom de tasca	Treball	Cost total	Recurs	Principi	Fi
0	Projecte	600 hores	12.000,00 €		10/02/15	27/09/15
A	Redefinició.	64 hores	1.280,00 €		10/02/15	21/02/15
A.1	Redefinició	64 hores	1.280,00 €	Enginyer	10/02/15	21/02/15
B	Adaptació de components a DIL	24 hores	480,00 €		21/02/15	25/02/15
B.1	Adaptacions	24 hores	480,00 €	Enginyer	21/02/15	25/02/15
FC	Esquema PIC i perifèrics	128 hores	2.560,00 €		26/02/15	21/03/15
C.1	Esquema PIC i perifèrics.	28 hores	560,00 €	Enginyer	26/02/15	01/03/15
C.2	Esquema E/S Digitals	18 hores	360,00 €	Enginyer	03/03/15	07/03/15
C.3	Esquema E/S Analògiques	18 hores	360,00 €	Enginyer	07/03/15	08/03/15
C.4	Esquema Sortides PWM.	16 hores	320,00 €	Enginyer	09/03/15	12/03/15
C.5	Esquema HMI	16 hores	320,00 €	Enginyer	13/03/15	15/03/15
C.6	Esquema RS485	16 hores	320,00 €	Enginyer	15/03/15	17/03/15
C.7	Esquema RS232	16 hores	320,00 €	Enginyer	18/03/15	21/03/15
D	Comanda materials.	24 hores	480,00 €		21/03/15	24/03/15
D.1	Comandes	24 hores	480,00 €	Enginyer	21/03/15	24/03/15
E	Muntatge prototip	140 hores	2.800,00 €		13/04/15	31/08/15
E.1	PIC i perifèrics.	24 hores	480,00 €	Enginyer	13/04/15	18/04/15
E.2	Entrades digitals.	19 hores	380,00 €	Enginyer	18/04/15	20/04/15
E.3	Sortides digitals.	19 hores	380,00 €	Enginyer	15/08/15	18/08/15
E.4	Entrades Analògiques	16 hores	320,00 €	Enginyer	18/08/15	22/08/15
E.5	Sortides Analògiques	16 hores	320,00 €	Enginyer	22/08/15	23/08/15
E.6	PWM	10 hores	200,00 €	Enginyer	23/08/15	25/08/15

E.7	Pantalla i teclat.	20 hores	400,00 €	Enginyer	26/08/15	29/08/15
E.8	Comunicació RS232	16 hores	320,00 €	Enginyer	29/08/15	31/08/15
F	Desenvolupament d'aplicacions.	90 hores	1.800,00 €		25/03/15	05/09/15
F.1	Aplicació PC-->PC RS232 amb port virtual.	24 hores	480,00 €	Enginyer	25/03/15	29/03/15
F.2	Definició de protocol de comunicació.	14 hores	280,00 €	Enginyer	29/03/15	31/03/15
F.3	Aplicació PC --> CUBC a través de RS232.	28 hores	560,00 €	Enginyer	31/03/15	05/04/15
F.4	Firmware CUBC-->PC a través de RS232.	24 hores	480,00 €	Enginyer	01/09/15	05/09/15
G	Documentació	90 hores	1.800,00 €		05/09/15	20/09/15
G.1	Memòria	40 hores	800,00 €	Enginyer	05/09/15	12/09/15
G.2	Plànols	15 hores	300,00 €	Enginyer	12/09/15	14/09/15
G.3	Estudi Econòmic.	20 hores	400,00 €	Enginyer	14/09/15	19/09/15
G.4	Annexos	15 hores	300,00 €	Enginyer	19/09/15	20/09/15
H	Elaboració de presentació i demostracions	40 hores	800,00 €		20/09/15	27/09/15
H.1	Elaboració de PPT i guió.	20 hores	400,00 €	Enginyer	20/09/15	25/09/15
H.2	Proba de demostracions amb el CUBC.	20 hores	400,00 €	Enginyer	25/09/15	27/09/15
Fi	Fi del projecte.	0 hores	0,00 €		27/09/15	27/09/15

Taula 7.1. Tasques, costos, recursos i dates. (Elaboració pròpia)

7.3. Anàlisi de les desviacions de la planificació.

A l'inici de l'execució del projecte de detall es decideix redefinir alguns punts, marcats anteriorment per l'avantprojecte per falta de temps i recursos. Es concreta més l'abast del projecte i les especificacions tècniques, el que comporta un canvi de tasques en la planificació.

D'un altre banda a causa d'un canvi en l'horari de treball de l'autor es limiten més les hores d'enginyer que es poden dedicar a la realització del projecte de detall. Tenint 5 hores menys per setmana.

Després d'aquest dos canvis s'observa que la planificació va massa ajustada i no existeix manera d'aconseguir hores de treball extra a causa de la disponibilitat de l'autor.

Davant aquesta situació es contempla un pla de contingència d'entregar el TFG en la data de prorroga en Setembre.

Malauradament durant el muntatge del prototip es realitza una errada provocant l'avaria del pic.

Comptant el plaç d'entrega i d'acoblament de la peça a l'adaptador QTPF a DIL, l'única opció és aplicar el pla de contingència i l'execució real del projecte és la indicada per l'apartat 7.2.

Com millores en la part de planificació per futurs projectes, caldria contemplar demanar el material més sensible i amb necessitat de treballs externs per duplicat o triplicat, tenint en compte que no sigui un cost massa elevat.

8. Impacte ambiental.

Per a la realització de la viabilitat mediambiental s’ha realitzat una metodologia de llistes de control basada en la Directiva 97/11/CEE per a l’avaluació de les repercussions de determinats projectes públics i privats sobre el medi ambient, aquesta s’aplica per a les següents fases del projecte:

- **Construcció o Execució:** Disseny, fabricació i posada en marxa del projecte i de tots els elements que el formen.
- **Funcionament o explotació:** Explotació del client del magatzem automatitzat.
- **Desballestament:** Fase un cop acabat el cicle de vida útil de la màquina.

S’adjunten tant les observacions com les accions correctores a realitzar.

FASE	ACCIONS MÉS IMPACTANTS.	OBSERVACIONS / ACCIONS CORRECTORES.
Construcció o Execució.	Selecció dels components.	Els components utilitzats en el disseny de productes electrònics hauran de complir amb la directiva RoHS, que restringeix l'utilització de matèries perilloses.
	Selecció de proveïdors i fabricants	Tant els proveïdors, com els fabricants subcontractats hauran de complir amb la directiva WEEE sobre residus electrònics. D'un altre banda, davant productes defectuosos s'aprofitaran la resta de components per servei tècnic avaries de productes en el mercat.
Funcionament o explotació	Consum elèctric	Es contempla un consum elèctric habitual al d' unes oficines. Amb potencia no superior a 5KW.
	Gestió de residus derivats logístics.	Es contempla la derivació de residus d'embalatge i components defectuosos, ambdós seran reciclats segons normatives pertinents.
	Seguretat i Salut	Es formarà a tots els treballadors amb bones pràctiques de seguretat i salut com utilització de EPIs i ergonomia.
Desballestament	Residus del local	Cada màquina o material d'oficina s'intentarà vendre com producte de segona mà o es reciclarà com marqui la normativa adient.

Taula.8.1. Repercussions mediambientals del projecte.

Es conclou que a nivell mediambiental el projecte no presenta impactes greus i que amb les accions correctores efectuades o a efectuar la viabilitat del projecte no perilla.

9. Conclusions.

En aquest capítol es tractarà sobre les desviacions en front l'avantprojecte, el resultat final de la execució del TFG, es a dir, quins punts s'han assolit del abast i amb quin grau d'èxit.

No es tractarà sobre les desviacions de la planificació ja que aquestes s'han contemplat en capítol 7 apartat 7.3, amb la corresponen justificació de la pròrroga de l'entrega del TFG.

9.1. Desviacions respecte l'avantprojecte.

Un cop analitzat amb mes profunditat l'avantprojecte, tenint en compte les noves condicions de l'autor en quan a horari disponible (Justificat apartat 7.3), que redueix la quantitat d'hores a enfrontar en el projecte d'execució i les hores disponibles de laboratori, es decideix redefinir l'abast i les especificacions tècniques, i es seguiran els descrits als capítols 4 i 5 de la memòria del projecte de detall.

9.2. Anàlisi de l'assoliment de l'abast i especificacions tècniques.

- ✓ S'han dissenyat amb èxit tots els esquemes elèctrics adients
- ✓ S'ha realitzat un prototip amb tots els esquemes definits en l'abast. Mitjançant connexions tipus wire wrap en dos plaques matriu, una per el microcontrolador i un altra pel HMI que inclou pantalla i teclat.
- ✓ S'han realitzat els firmwares de prova descrits en l'abast per comprovar la funcionalitat d'aquest esquemes amb èxit. Tot i haver petit algun contratemps amb l'averia del primer PIC18F97J60 a l'hora de realitzar mesures amb el tester. Es va recomençar el prototip en una placa matriu diferent de mes qualitat per no repetir l'errada i aquest cop es van demanar excedent de material per cobrir possibles errades.

Cal a dir també, que al no tenir accessibilitat horària al laboratori per incompatibilitat amb la vida laboral.

- ✘ S'ha realitzat amb èxit una aplicació informàtica que comunica amb RS232 amb el PC interpretant les entrades, i actuant sobre les sortides, amb prèvia carrega d'un firmware dissenyat per aquesta funció.

Comentar que per assolir aquest punt, s'ha realitzat una aplicació de prova per comunicar PC→PC via por virtual RS232, per assolir els coneixements necessaris per realitzar aquesta tasca.

- ✘ El CUBC consta de 8 entrades a 24V optoacobrades per garantir la seguretat del mateix i 8 sortides optoacobrades capaces de proporcionar fins 392mA.

No obstant l'usuari haurà de tenir en compte aquesta potencia a la seva font d'alimentació de 24V que haurà de connectar al CUBC en cas que la faci servir. Amb 30mA tindria que tenir de sobres per realitzar tot tipus de muntatges industrial.

També s'ha assolit l'objectiu de 4 E/S directes a petita tensió concretament a 5,5V d'entrada màxims, 3.3V de sortida i una carrega màxima de sortida de 8mA.

- ✓ El CUBC consta de 4 E/S analògiques de 0 a 10 V i 10 bits de resolució, tot això fen servir només 6 pins del microcontrolador, fent servir el MSSP per comunicació I2C amb un DAC extern el del microcontrolador.
- ✓ El CUBC conta de sortides PWM, no obstant s'ha profunditzat en el funcionament del mòdul del microcontrolador mes que en les característiques del senyal de sortida per el control del motor. Seria adient profunditzar mes en aquest punt.
- ✓ El CUBC consta de port físic de comunicació via RS485, s'ha profunditzat en el funcionament de la EUSART, perquè l'usuari final tingui les especificacions necessàries per poder programar i muntar una xarxa d'aquest tipus. Tal com indica l'abast no s'ha pogut realitzar provatura d'aquest port.

- ✓ El CUBC consta de pantalla i teclat com interfície de comunicació. No s'ha realitzat provatura del mateix però les especificacions tant del PIC com de la pantalla i el teclat, mostren favorablement el seu funcionament. S'ha realitzat una explicació dels mòduls adients tant del CUCB com del LCD03 per facilitar l'utilització a l'usuari.
- ✗ En objectius es defineix el CUBC amb una velocitat de processament 10MIPS, tenint en compte que el rellotge es de 25MHZ i que per l'estructura del PIC18F totes les seves instruccions tenen la mateixa longitud i necessitant de 4 polsos de rellotge, es pot confirmar que només es capaç de realitzar 6.25MIPS.

L'error es realitza al no estudiar correctament l'estructura del PIC ja que prèviament es contemplaven dos polsos de rellotge, es podria corregir aplicant un rellotge de 32MHZ.

No obstant aquesta errada amb 6.25MIPS el CUBC hauria de ser capaç de complir amb les seves funcions industrials sense cap problema, que es l'objectiu principal.

- ✓ El CUBC disposa de WDT, ja que el PIC18F97J60 l'incorpora.
- ✗ El CUBC, a de ser capaç de realitzar un control tipus PID, però no s'arriba a desenvolupar, firmware i prova d'aquesta funcionalitat. Tot i que només es parla com una possibilitat, es un objectiu no aconseguit.
- ✓ El CUBC es pot alimentar a través de font d'alimentació de 24V.

Com a conclusió d'aquest anàlisis podem dir que s'han assolit tots els punts descrits a l'abast i la major part del punts d'especificacions tècniques, no obstant els punts no assolits no es contemplen com crítics o no tenen un resultat proper al desitjat.

9.3. Futures línies de millora del CUBC.

Finalment un cop analitzat el TFG, s'obren fures línies de millora que son les següent.

- Implementació de PCB i carcacassa del prototip.
- Implementació del PID.

- Aconseguir els 10MIPS.
- Realitzar comunicació ethernet i bus CAN (Device net) molt utilitzats als entorns industrials a l'actualitat.
- Realitzar un nou model amb sortida de relé per actuar directament en petits actuadors.
- Implementar Firmware i software de desenvolupament a alt nivell, amb rutines que es desenvoluparan a l'interior del CUBC, paramentritzan el programa principal desde l'aplicació informàtica com si fos una recepta. D'aquesta manera es fa mes accessible el CUBC a tot tipus d'usuari.

10. Referències.

- Llibres.

[1] JOSE TIRADO CEJUDO (2010). Millora i ampliació del microcontrolador universal. Connectivitat internet.

[2] JOSE MANUEL BARROSO OSORIO (2010). Módulo microcontrolador universal con conectivitat GSM y GPS.

- Articles web:

[1] Institut Nacional Estadística (INE) [online]. Disponible a <http://www.ine.es>

[2] Direccion General de industria y de la pequeña y mediana empresa [online].

Disponible a: www.ipyme.org/

[3] SIEMENS [online]. Disponible a <http://www.siemens.com/>

[4] ABB. [online]. Disponible a www.abb.es

[5] National Instruments [online]. Disponible a spain.ni.com/

[6] Farnell [online]. Disponible a <http://es.farnell.com/>

[7] Cetronic [online]. Disponible a <http://www.cetronic.es/>

[8] Super Robotica [online]. Disponible a <http://www.superrobotica.com>

[9] Professor E.Roberts [online] <http://cs.stanford.edu/people/eroberts/>

[10] Professor R.Aranda [online] <http://www.alciro.org>

- Apunts del GEIEA:

[1] Salvador Alepuz. Apunts electrònica analògica.

[2] Salvador Alepuz. Apunts electrònica de potència.

[3] Julian Horrillo i Vicenç Delos. Apunts Informàtica industrial.

