

Treball Final de Carrera

*Control de la derivació de l'aigua de reg
de Masjoan*

Gerard Masferrer i Caralt

**Enginyeria Tècnica Industrial, especialitat en Electrònica Industrial.
Enginyeria Tècnica de Telecomunicació, especialitat en Sistemes
de Telecomunicació.**

Director: Moisès Serra Serra
Vic, Juny de 2010

M'agradaria agrair el suport que he tingut a l'hora de realitzar aquest projecte

Agrair a en Moisès Serra, per orientar-me i guiar-me en la realització del projecte i al llarg de la carrera.

Agrair també a tot el professorat, per ajudar-me amb els dubtes que m'han aparegut i amb els coneixements que m'han transmès en la carrera.

I per suposat a la meva família i amics que m'han recolzat en tot moment i m'han permès passar-ho bé mentre feia el projecte.

Moltes Gràcies.

ÍNDEX

0.	Resums	8
1.	Introducció	
1.1.	Antecedents.....	11
1.2.	Descripció de l'emplaçament i situació actual	13
1.3.	Objectius	16
1.4.	Descripció funcional del sistema	16
1.5.	Estructura de la memòria	17
1.6.	Metodologia de treball	18
2.	Eines de programari	
2.1.	Recursos utilitzats	21
2.1.1.	Software de disseny; Altium Designer Winter 09.....	21
2.1.2.	Software de programació; Mplab IDE v8.4, CCS compiler	23
3.	Disseny del Hardware	
3.1.	Requeriments del circuit	25
3.2.	Elements del circuit	26
3.2.1.	Microcontrolador (circuits associats).....	26
3.2.2.	Electrovàlvula latch.....	36
3.2.3.	Sensor d'ultrasons	37
3.2.4.	Interruptor de nivell.....	39
3.3.	Disseny d'etapes	40
3.3.1.	Font d'alimentació.....	40
3.3.2.	Sortida alimentació del sensor.....	41
3.3.3.	Pont H.....	44
3.4.	Alimentació del sistema.....	48
3.4.1.	Càlcul de la instal·lació	48
3.4.2.	La placa solar	56
3.4.3.	La Bateria	57
3.4.4.	Regulador	58

4. Realització del Software	
4.1. Programa principal (pseudocodi).....	60
5. Implementació	
5.1. Fabricació de la placa	68
5.2. Muntatge de la instal·lació.....	72
5.2.1. Circuit de distribució d'aigua	72
5.2.2. Connexionat elèctric	74
6. Pressupost i Anàlisis d'inversió	
6.1. Pressupost	78
6.2. Anàlisis d'inversió	81
7. Resultats i Conclusions.....	82
7.1. Resultats i conclusions.....	87
7.2. Possibles millores	88
 Bibliografia.....	 91
 Annex	 93
Manual d'usuari	94
Codi del programa	98
Esquemes del circuit.....	101

Índex de Figures

Introducció

Figura 1.2.1. – Vista satèl·lit de l'emplaçament.....	13
Figura 1.2.2. – Mina d'aigua de Masjoan.....	13
Figura 1.2.3. – Esquema de la instal·lació.....	14
Figura 1.2.4. – Fotografia del dipòsit d'aigua.....	15
Figura 1.2.5. – Fotografia de la bassa de reg.....	15
Figura 1.3.1. – Esquema del sistema.....	17

Eines de programari

Figura 2.1.1. – Imatge del programa.....	21
Figura 2.1.2. – Documents del Projecte.....	21
Figura 2.1.3. – Impressió de pantalla document PC.....	22

Disseny del Hardware

Figura 3.2.1. – Pinatge PIC16F876.....	27
Figura 3.2.2. – Circuit 4-20mA a 1-5 V.....	27
Figura 3.2.3. – Circuit entrada RA1.....	28
Figura 3.2.4. – Circuit entrades Port B.....	29
Figura 3.2.5. – Circuit sortides Port C.....	29
Figura 3.2.6. – Esquema general de l'arquitectura del PIC16F876.....	30
Figura 3.2.7. – Esquema memòria de programa.....	31
Figura 3.2.8. – Organització registres de memòria RAM.....	32
Figura 3.2.9. – Diagrama de blocs del convertidor A/D del PIC16f876.....	33
Figura 3.2.10. – Esquema Connexió Oscil·lador.....	34
Figura 3.2.11. – Esquema Circuit de Reset.....	35
Figura 3.2.12. – Electrovàlvula latch amb l'aixeta.....	36
Figura 3.2.13. – Sensor d'ultrasons UB4000-F42-I.V15.....	37
Figura 3.2.14. – Interruptor de nivell.....	39
Figura 3.2.15. – Funcionament de l'interruptor de nivell.....	39
Figura 3.3.1. – Circuit d'alimentació.....	40
Figura 3.3.2. – Circuit alimentació amb BC107.....	42
Figura 3.3.3. – Circuit alimentació amb TIP111.....	43
Figura 3.3.4. – Esquema pont H.....	44
Figura 3.3.5. – Esquema pont H polaritat positiva.....	45
Figura 3.3.6. – Esquema pont H polaritat negativa.....	45
Figura 3.3.7. – Vce/ IB TIP31/TIP32.....	46
Figura 3.3.8. – Vce/Ib 2n2222.....	46

Figura 3.3.9. – <i>Detall pont H</i>	47
Figura 3.4.1. – <i>Representació de la declinació</i>	49
Figura 3.4.2. – <i>Mapa d'irradiació global diària. Mitjana del mes de desembre</i> ...	51
Figura 3.4.3. – <i>Fotografia placa solar</i>	56
Figura 3.4.4. – <i>Fotografia bateria 7Ah</i>	57
Figura 3.4.5. – <i>Fotografia regulador solar</i>	58

Implementació

Figura 5.1.1. – <i>Fotolit de les pistes que volem insolar</i>	68
Figura 5.1.2. – <i>Isoladora</i>	69
Figura 5.1.3. – <i>Resultat de la placa després del procés de revelat</i>	70
Figura 5.1.4. – <i>Procés d'eliminació del coure</i>	70
Figura 5.1.5. – <i>Procés de foradar els pads</i>	71
Figura 5.1.6. – <i>Resultat final de la placa</i>	71
Figura 5.2.1. – <i>Esquema de la instal·lació</i>	72
Figura 5.2.2. – <i>Filtres i elements per la connexió</i>	72
Figura 5.2.3. – <i>Filtre d'alumini de l'inici del circuit</i>	73
Figura 5.2.4. – <i>Filtre de sediments</i>	73
Figura 5.2.5. – <i>Esquema de la instal·lació</i>	74

Pressupost i anàlisi d'inversió

Figura 6.2.1. – <i>Corba de capacitat de VI21-6</i>	82
--	----

Annex

Figura 9.1.1. – <i>Circuit de control</i>	94
Figura 9.1.2. – <i>Connector d'alimentació</i>	94
Figura 9.1.3. – <i>Connectors electrovàlvula i sensor</i>	94
Figura 9.1.4. – <i>Connectors electrovàlvula i interruptor</i>	95
Figura 9.1.5. – <i>Interruptor flotador de nivell</i>	95
Figura 9.1.6. – <i>Sensor d'ultrasons</i>	96
Figura 9.1.7. – <i>Potenciòmetre 100Ω</i>	96
Figura 9.1.8. – <i>Selector</i>	97
Figura 9.1.9. – <i>Esquema del circuit imprès</i>	101
Figura 9.1.10. – <i>Fotolit de la placa</i>	102

Índex de Taules

Realització del Hardware

Taula 3.2.1. – <i>Característiques del PIC16F876</i>	26
Taula 3.2.2. – <i>Característiques sensor d'ultrasons</i>	38
Taula 3.4.1. – <i>Irradiació solar diària Mj/m^2 de l'atlas de radiació de Cat 2000</i> .50	
Taula 3.4.2. – <i>Taula consums circuit</i>	54
Taula 3.4.3. – <i>Característiques de la placa solar</i>	56
Taula 3.4.4. – <i>Característiques del regulador solar</i>	58

Pressupost i anàlisi d'inversió

Taula 6.1.1. – <i>Components utilitzats</i>	78
Taula 6.1.2. – <i>Components utilitzats sensors i actuadors</i>	79
Taula 6.1.3. – <i>Components utilitzats en el circuit d'aigua</i>	79
Taula 6.1.4. – <i>Components utilitzats en l'alimentació</i>	80
Taula 6.1.5. – <i>Components utilitzats en la instal·lació</i>	80
Taula 6.1.6. – <i>Resum del cost dels materials</i>	80
Taula 6.2.1. – <i>Taula costos electricitat/sous</i>	81
Taula 6.2.2. – <i>Característiques motor</i>	82
Taula 6.2.3. – <i>Litres de la mina de Masjoan</i>	83
Taula 6.2.4. – <i>Taula estalvi econòmic mensual</i>	83
Taula 6.2.5. – <i>Fluxos de Caixa</i>	85

Annex

Taula 9.1.1. – <i>Funcions del selector</i>	97
--	----

Resum Treball Final de Carrera
Enginyeria Tècnica Industrial especialitat en Electrònica Industrial
Enginyeria Tècnica de Telecomunicació, especialitat en Sistemes de Telecomunicació.

Títol: Control de la derivació de l'aigua de reg de Masjoan

Paraules clau: Microcontrolador, solar, electrovàlvula, ultrasons

Autor: Gerard Masferrer Caralt

Direcció: Moisès Serra Serra

Data: Juny de 2010

Resum

Masjoan és una masia del segle XII on resideix la família Masferrer des del 1710. Actualment a Masjoan l'activitat principal és el cultiu i venda de plantes ornamentals, i l'explotació forestal per obtenir fusta. Pel que fa a l'aigua, tant per a la realització de l'activitat professional com per al subministrament de la casa, aquesta prové de mines d'aigua natural situades en la finca.

L'objectiu d'aquest TFC ha estat dissenyar un sistema autònom per automatitzar el procés de derivació de l'aigua procedent d'una mina, i d'aquesta manera aprofitar millor els recursos naturals dels que és disposa.

El desenvolupament d'aquest sistema, comprèn la selecció i configuració de sensors i actuadors, el disseny del circuit amb la realització de la placa, el disseny del sistema d'alimentació autònom, el software que controla el sistema, i dimensionar la resta d'elements de la instal·lació. Tot el sistema està controlat per un microcontrolador PIC16F876 i alimentat per un mòdul solar de 4W.

En el disseny s'ha procurat, sobredimensionar les diferents etapes per possibles ampliacions o modificacions del sistema i que el circuit procures optimitzar el consum d'energia.

Com a conclusions cal dir que s'han assolit els objectius proposats amb èxit. S'ha aconseguit un disseny funcional i estable que actualment es troba en funcionament.

Final Project Summary
Industrial Engineering specialized in Industrial Electronics
Telecommunications Engineering, specialized in Telecommunications Systems

Title: Control of the Masjoan's water derivation irrigation

Keywords: Microcontroller, solar, electro, ultrasonic

Author: Gerard Masferrer Caralt

Director: Moisés Serra Serra

Date: June 2010

Summary

Masjoan is a twelfth century farmhouse where the Masferrer's family resides since 1710. Masjoan's main activity is the cultivation and sale of ornamental plants and forest exploitation in order to obtain wood. The water comes from the natural mines located in the same area and it serves for the realization of the main activity as well as the water supply for the house.

The aim of this project is to design an autonomous system to automate the process of deriving water from a mine, obtaining a better use of this natural resource.

The development of this system includes the selection and configuration of sensors and actuators, the design of the circuit board, the design of the autonomous power system, and also the software design and other elements in the installation

The entire system is controlled by a PIC16F876 microcontroller and powered by a solar module 4W.

During the design it has been tried to oversize the different stages for possible extensions or modifications of the system and has tried to optimize the energy consumption.

As a conclusion it has to be said that proposed objectives have been achieved successfully. It also has been achieved a stable and functional design that nowadays is currently running.

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

Masjoan és una masia del segle XII on la família Masferrer resideix des de 1710 quan Isidre Masferrer Corts (1684-1763) la va comprar als aleshores propietaris de cognom Masjoan, que van decidir provar fortuna a Amèrica.

Masjoan està situada prop del poble d'Espinelves al bell mig del Montseny-Guilleries, la casa destaca per la seva localització ja que està rodejada d'avets i altres tipus de coníferes (58 espècies diferents) que s'han preservat des de mitjans del segle XIX formant un important arborètum a tocar la casa.

L'arborètum de Masjoan fou creat principalment per Marià Masferrer Rierola (1856-1923), eminent naturalista i botànic que va estudiar profundament la fauna i flora de les Guilleries.

Actualment s'ha marcat un itinerari a peu per l'Arborètum on es poden observar les espècies més destacades, entre elles alguns exemplars catalogats de monumentals per la Generalitat de Catalunya (7 exemplars de diferents espècies).

L'explotació dels avets com a arbre de Nadal s'inicià pels voltants de 1960 per Jesús Masferrer Torrent, que fou pioner en el conreu d'arbres de Nadal especialment "masjoanis". Convertint-se en una de les activitats econòmiques més importants de les Guilleries.

Actualment Ramon Masferrer Illa gestiona la finca d'acord amb el pla tècnic de gestió forestal aprovat per la Generalitat de Catalunya amb el núm.: PTMGF 2000.

El nebot de Marià Masferrer, Jesús Masferrer Torrent (1918-2006), va promoure la introducció de coníferes com l'avet Douglas i l'avet de Masjoan (*Abies masjoanis*), que va descobrir ell mateix. Es tracta d'un híbrid originat en la mateixa finca de forma natural a principis dels anys 50 per la fecundació de les pinyes d'*Abies pinsapo* amb pol·len d'*Abies alba*.

A la dècada dels anys 60, Joan Masferrer Barnils, nascut el 1844 i aleshores amo de Masjoan, introduí a la vall d'Espinelves una gran varietat d'arbres entre els quals l'avet autòcton del Montseny i muntanyes del sud d'Europa (*abies alba*) i l'avet pinsapo, autòcton d'Andalusia.

Entre els anys 1950-1960 Nicolau Masferrer Pladelasala (1888-1962) i el seu fill Jesús Masferrer Torrent (1918-2006) es van adonar que s'havia produït una hibridació natural entre les pinyes d'Abies pinsapo amb pol·len d'Abies alba, formant una nova espècie que heretava les millors qualitats de cada un dels seus antecessors.

Jesús Masferrer es va fer càrrec del descobriment i després de contactar amb diferents associacions científiques especialitzades, s'enviaren 500 exemplars a Madrid per la seva certificació, on es va confirmar el descobriment.

Aquest híbrid fou batejat amb el nom de Abies masjoanis (avet de Masjoan segons la declinació llatina).

Actualment a Masjoan l'activitat principal és el cultiu i venda de plantes ornamentals, i l'explotació forestal. Pel que fa a l'aigua, tant per a la realització de l'activitat professional com per al subministrament de la casa, aquesta prové de mines d'aigua natural situades en la finca.

L'aigua que s'extreu d'una mina s'utilitza per dues finalitats, la primera és omplir un dipòsit que s'utilitza per subministrar l'aigua corrent a tota la casa i l'altra és omplir una bassa de la qual a través d'un sistema de canalitzacions subterrànies es deriva cap a una quinzena de punts de la finca on hi ha boques de reg que s'utilitzen per connectar sistemes d'aspersió per a l'activitat professional.

Actualment, de la mina on s'extreu l'aigua l'única manera de repartir-la és mitjançant una aixeta completament manual. Tant el dipòsit de l'aigua de la casa com la bassa per al reg, quan arriben a la seva capacitat màxima l'aigua es perd per un sobreixidor.

Degut a la climatologia, especialment a l'estiu on el cabdal de la mina disminueix notablement i augmenta les necessitats de regar, és necessari dissenyar un sistema que de forma automàtica derivi l'aigua entre els dos punts procurant que el dipòsit de la casa sempre estigui ple i quan així sigui l'aigua vagi cap a la bassa per al reg.

1.2. Descripció de l'emplaçament i situació actual

Masjoan està situat a Espinelves, a la comarca de Osona, concretament a una latitud de 41.87° i una longitud de $2,41^\circ$.

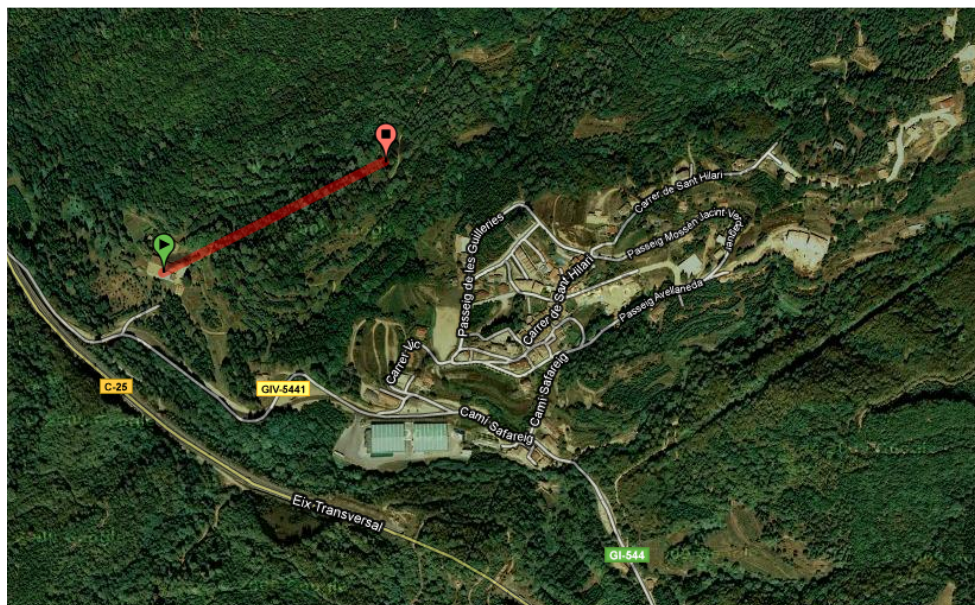


Figura 1.2.1. – Vista satèl·lit de l'emplaçament

La Masia no està connectada a la xarxa d'aigües públiques del poble i per al subministrament, tant de la casa com de l'activitat professional, l'aigua prové d'una mina d'aigua natural situada a uns 300m de la casa.



Figura 1.2.2. – Mina d'aigua de Masjoan

Aquesta mina té un cabdal variable segons l'època de l'any, això representa un problema sobretot en els mesos més calorosos de l'any perquè l'aigua que subministra és insuficient per cobrir totes les necessitats, ja que és en aquests mesos quan el consum d'aigua per regar és més elevat.

Actualment, de forma manual mitjançant una aixeta situada a la mina, es decideix cap a quin punt es vol desviar l'aigua.

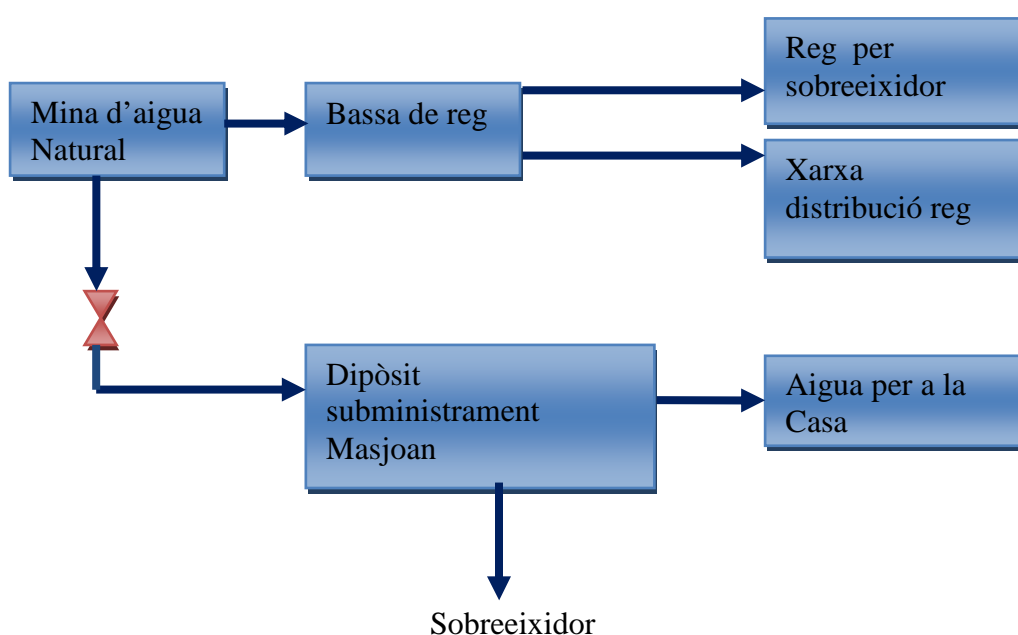


Figura 1.2.3. – *Esquema de la instal·lació*

A l'estiu normalment l'aixeta està pràcticament oberta de manera que la major part de l'aigua es desvia cap al dipòsit per subministrar aigua a la casa i quan aquest queda completament ple, l'aigua es perd per un sobreexidor situat en el dipòsit.



Figura 1.2.4. – *Fotografia del dipòsit d'aigua*

La bassa de reg rep una petita part de l'aigua de la mina, però és completament insuficient per a regar i s'utilitza una bomba d'aigua que puja l'aigua de la riera fins a la bassa.



Figura 1.2.5. – *Fotografia de la bassa de reg*

Per aquest motiu a l'estiu és necessari comprovar diàriament el nivell del dipòsit i de la bassa ja que una vegada hi ha el dipòsit ple, si desviem l'aigua cap a la bassa no en perdem pel sobreexidor i estalviem litres que s'haurien hagut de pujar a la bassa mitjançant la bomba amb el seu consum d'electricitat corresponent.

1.3. Objectius

El principal objectiu és dissenyar i implementar un sistema autònom (controlat per un microcontrolador i alimentat amb energia solar) i desenvolupar el software per optimitzar els diferents nivells dels dipòsits, amb la prioritat de disposar primer de tot d'aigua per subministrar a la casa i una vegada coberta aquesta necessitat desviar l'aigua cap a la bassa per poder utilitzar-la per regar.

1.4. Descripció funcional del sistema

El sistema plantejat s'alimenta a 12 V CC que provenen d'una bateria carregada amb una placa fotovoltaica. El circuit està controlat per un microcontrolador PIC16f876 alimentat a 5V, consta de dues entrades, una del sensor d'ultrasons el qual té una sortida analògica de 4-20mA i l'altre del flotador de nivell que actua com a interruptor NC.

El microcontrolador també activa dues sortides de potencia les quals poden subministrar varis ampers. D'aquestes dues etapes, una és per l'alimentació del sensor d'ultrasons i l'altre pel control de la commutació de l'electrovàlvula latch, aquestes sortides treuen el nivell de tensió de la bateria, que és de 12V.

El sistema també disposa d'un selector switch per poder seleccionar entre diferents modes de funcionament i 8 leds que es poden activar mitjançant un polsador per conèixer el nivell del dipòsit.

Tot el sistema està pensat per mantenir-se inactiu i cada 10 minuts activar-se durant 5 segons per fer una comprovació dels nivells i si és necessari obrir/tancar l'electrovàlvula de l'aigua.

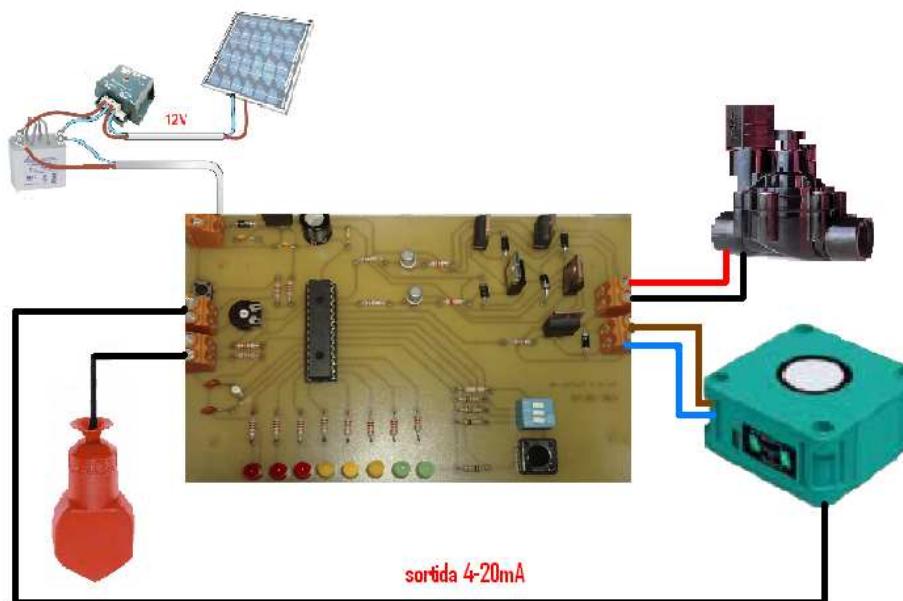


Figura 1.3.1. – *Esquema del sistema*

1.5. Estructura de la memòria

Per a la realització de la memòria s'ha dividit el projecte en els apartats que es detallen a continuació:

Apartat 2: Eines de programari:

En aquest apartat es presenta els programes utilitzats pel disseny del hardware i realització del software del sistema i s'explica breument els passos necessaris per poder treballar amb aquests.

Apartat 3: Disseny del Hardware

Aquest és l'apartat més important del projecte ja que és on s'explica el procediment d'elaboració del hardware del sistema. En aquest s'especifiquen les característiques del sistema, es detallen cadascun dels elements que el formen, es justifica el disseny i es realitzen els càlculs necessaris per al desenvolupament de les diferents etapes. Aquest apartat inclou també la descripció dels sensors, actuadors i elements que formen part de l'etapa d'alimentació.

Apartat 4: Realització del Software

En Aquest apartat es presenten els pseudocodis del programa que s'ha realitzat per controlar l'electrovàlvula i d'aquesta manera optimitzar la derivació de l'aigua del sistema.

Apartat 5: Implementació

Aquest apartat inclou la descripció del procés de fabricació de la placa i el muntatge de la instal·lació, detallant els elements que s'utilitzaran tant pel circuit on circularà l'aigua com per les diferents connexions elèctriques realitzant els càlculs necessaris.

Apartat 6: Pressupost i anàlisi d'inversió

En aquest apartat és quantifica el cost de tots els elements que formen part del projecte, incloent-hi tota la instal·lació. A més, s'analitza la viabilitat del sistema des d'un punt de vista de l'estalvi d'electricitat i de salaris.

Apartat 7: Resultats i Conclusions

S'exposen les conclusions del projecte i les possibles millores del sistema.

1.6. Metodologia de treball

1. Estudi de la situació i necessitats: Primerament es va analitzar l'emplaçament i el muntatge manual actual de derivació de l'aigua. Una vegada coneguda la situació es va definir el funcionament que es volia per al sistema i quines limitacions hi havia.
2. Recopilació d'informació de materials: Es va realitzar una recerca de diferents sensors, actuadors, microcontroladors i sistemes d'alimentació solar per tal de manera definir el microcontrolador, el sensor i tot el material que s'ha utilitzat, I així conèixer les característiques i limitacions d'aquests a l'hora del disseny del hardware.
3. Recopilació d'Informació de disseny: Es va realitzar una recerca bibliogràfica per poder començar a realitzar tot el disseny del circuit.

4. Disseny del circuit: Una vegada definides les solucions a implementar, es va dissenyar l'esquema del circuit amb les diferents entrades i sortides.
5. Dimensionament de tots els components: Es van realitzar tots els càlculs de components, per tal que la placa funcionés correctament.
6. Prototip amb protoboard: Es va comprar tot el material necessari per fer el muntatge del circuit amb una protoboard i comprovar el funcionament de les diferents entrades/sortides i ajustar valors.
7. Programació: Es va desenvolupar el software del sistema i comprovar el seu correcte funcionament amb el prototip.
8. Disseny del PCB: Es van situar tots els components i es va fer tot el traçat de les pistes fins a obtenir el fotolit per poder insolar la placa.
9. Muntatge del circuit: Un cop es va tenir el circuit imprès insolat i els components necessaris es va soldar tota la placa, i es van realitzar unes proves de hardware i software.
10. Càlculs de la instal·lació: Es van calcular els elements necessaris per a l'alimentació autònoma del sistema i els cables i tubs per la instal·lació.
11. Muntatge de la instal·lació: Una vegada la placa estava finalitzada i tots els altres elements adquirits es va fer el muntatge de la instal·lació, es va comprovar i ajustar el sistema.
12. Proves de funcionament final.

2. EINES DE PROGRAMARI

2.1 Recursos utilitzats:

Per a la realització del projecte s'han utilitzat els següents programes: Altium Designer winter 09 per dissenyar el circuit des de l'esquema inicial fins el fotolit final per insolar la placa, i pel que fa al software del microcontrolador s'ha utilitzat el MPLAB IDE v8.4 de la mateixa casa microchip.

2.1.1 Software de disseny: Altium Designer Winter 09



Figura 2.1.1. – Imatge del programa que consistia en una font commutada.

Per fer el disseny de la placa s'ha utilitzat el Altium Disigner 09 (més conegut com a Protel). El motiu de l'elecció d'aquest software és la facilitat d'ús i d'aprenentatge ja que existeixen moltes alternatives en el mercat, a més a més un altre motiu és l'experiència prèvia amb el Protel 06 quan vaig dissenyar un petit circuit

El procediment seguit per al disseny de PCB és el següent:

Primer de tot, una vegada inicialitzat el programa, es crea un nou projecte de tipus PCB

- File/new/project/PCB_project.

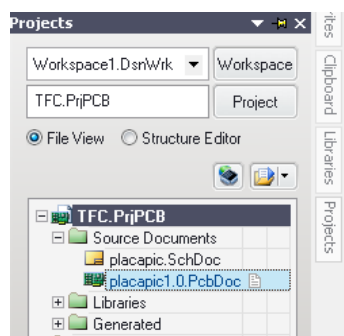


Figura 2.1.2. – Documents del Projecte

En aquest projecte s'hi adjunten dos documents: l'Schematic i un de PCB.

- File /new/ shematic
- File /new/ PCB

Una vegada tenim els documents el primer que cal fer és dibuixar l'esquema del circuit que es vulgui dissenyar en l'arxiu SchDoc del projecte creat.

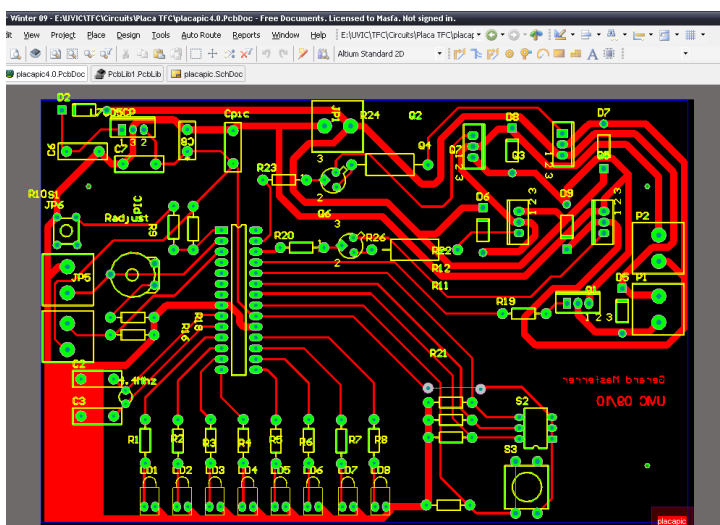
Per fer l'esquema cal seleccionar els diferents elements que formen el circuit de les llibreries de les que disposa el programa i procurar que cada element del circuit tingui un nom diferent; associar cada element amb el footprint correcte que en molts casos és necessari dibuixar-lo mitjançant el mateix programa.

Quan es disposa de l'esquema amb totes les connexions correctes i tots els elements amb un footprint associat passem al document PCB i importem l'esquema per tenir els footprints i les connexions que hem de fer.

- Dessing /Import from nomdelprojecte.prjPCB

Aquesta acció ens deixa tots els components del circuit que s'ha de situar sobre la placa, intentant que els elements que en l'Schematic es troben junts també ho estiguin en el PCB per així facilitar el traçat de les pistes.

Finalment, una vegada situats tots els components es tracen les pistes. En el cas d'aquest projecte s'ha configurat el programa per realitzar un auto-route de les pistes utilitzant una sola cara i amb un gruix de pista mínim de 0,5mm i de 2mm per alimentació i pistes on havia de passar més corrent.



Tot i el traçat automàtic de les pistes una vegada el programa ha acabat, manualment s'ha mogut i recol·locat diferents components per poder tenir un millor disseny i finalment s'ha acabat traçant moltes de les pistes a mà i s'han modificat tots els pads que era possible per augmentar la seva mida, ja que en el moment de fer la placa

Figura 2.1.3. – Impressió de pantalla document PC físicament resultaria més fàcil.

2.1.2 Software de programació: Mplab



El programa utilitzat per desenvolupar el software del PIC16F876 ha estat el MPLAB IDE V8.40 ja que aquest software està especialment pensat per desenvolupar projectes amb microcontroladors de la casa microchip.

Per poder programar amb llenguatge C també s'ha instal·lat el compilador CCS que permet escriure i compilar els programes amb C d'una manera senzilla.

Tot el software s'ha realitzat amb C i s'ha compilat per obtenir l'arxiu .hex , una vegada aconseguit el .hex aquest s'ha gravat mitjançant un programador universal ELNEC del que disposa la Universitat.

3. DISSENY DEL HARDWARE

3.1. Requeriments del circuit

Les especificacions que el disseny ha de complir són les següents:

- L'alimentació del Circuit imprès és de 12V procedent d'una bateria carregada amb una placa solar.
- El microcontrolador treballarà en mode LP amb un cristall de 32K.
- El sistema es mantindrà en repòs durant un període d'uns 10 min, passat aquest temps s'activarà uns segons i tornarà a mantenir-se en repòs. Durant el període en repòs el microcontrolador es mantindrà en mode "SLEEP".
- No hi haurà elements activats permanentment en el circuit, com leds.
- Tots els elements de Hardware extern es controlaran des de la placa i només s'alimentaran en el moment necessari.
- Les sortides d'alimentació han de poder suportar impulsos d'un mínim de 2A.
- La placa disposarà d'un selector switch per poder seleccionar entre un mode de funcionament Automàtic/manual i poder seleccionar on es vol desviar l'aigua Dipòsit/Bassa.
- La placa permetrà visualitzar el nivell del dipòsit mitjançant uns leds que s'activaran amb un polsador.

3.2. Elements del circuit

A continuació es detallen totes les parts que formen el disseny del circuit, tant la part de hardware del circuit imprès com el hardware extern; el microcontrolador, els sensors, la electrovàlvula latch i les diferents etapes del circuit com la font d'alimentació i les diferents sortides dels actuadors.

En aquest apartat també es realitzaran els càlculs dels diferents elements que formen els circuits.

3.2.1. Microcontrolador PIC16F876

El microcontrolador utilitzat per l'aplicació és un PIC16F876 de la casa Microchip. El motiu pel qual s'ha escollit aquest microcontrolador és la gran quantitat d'informació disponible d'aquest microcontrolador i la facilitat per aconseguir-lo. Un altre motiu per l'elecció d'aquest PIC és que disposa de bones característiques, suficients per complir els requisits del sistema, i un preu assequible.

<i>Característiques PIC 16F876:</i>	
Memòria FLASH de programa (bytes)	8K
Memòria de dades RAM (bytes)	368
EEPROM de dades (bytes)	256
Fonts d'interruptió	13
I/O ports bidireccionals	A,B,C
Convertidor Analògic/Digital	5 canals d'entrada
Nº instruccions	35
Nº Timers	3
Comunicació serie	MSSP, USART
Comparador PWM	2
Freqüència d'operació	DC – 20 MHz

Taula 3.2.1. – Característiques del PIC16F876

Aquest és l'encapsulat i pinatge del microcontrolador utilitzat:

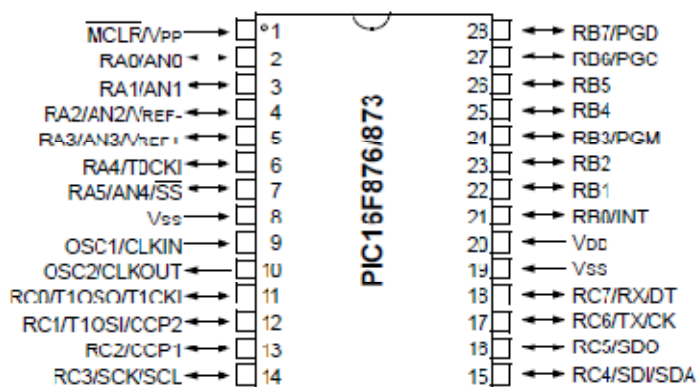


Figura 3.2.1. – Pinatge PIC16F876

Descripció dels ports utilitzats

El microcontrolador disposa de 2 ports de 8 bits (Port B, Port C) i un Port de 6 bits, en total formen 22 bits disponibles per fer d'entrades o sortides dels quals per l'aplicació se n'utilitzen 17.

- En el Port A s'utilitzen dos dels pins com a entrades. Aquestes entrades corresponen a sensors externs al circuit, com és el sensor d'ultrasons i el flotador de nivell.

El pin RA0 està configurat en mode entrada analògica, en aquest pin hi arribarà una tensió positiva que anirà de 5 a 1 V i mitjançant el convertidor A/D s'obtingran paraules de 8 bits corresponent al nivell d'aigua del dipòsit.

El sensor d'ultrasons: la seva sortida analògica no és en tensió si no en corrent, sent aquest entre 4-20mA. Per tal d'adaptar l'entrada analògica de corrent a tensió tenim el següent circuit:

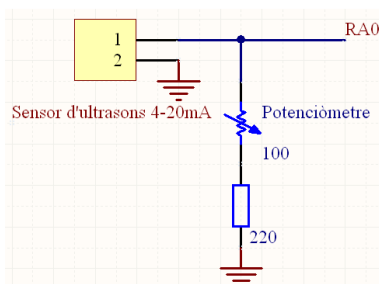


Figura 3.2.2. – Circuit 4-20mA a 1-5 V

El sensor utilitzat per l'aplicació sabem que té una sortida de 4-20mA, aquesta volem que correspongui a 5 V a l'entrada del microcontrolador, utilitzant la llei d'Ohm determinem que es necessita una resistència de 250Ω.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5}{20 \times 10^{-3}} = 250$$

En el mercat hi ha resistències de valor 220Ω per això, s'utilitza una resistència de 220Ω en sèrie amb un potenciòmetre de 100Ω que ens permetrà tenir els 250Ω que necessitem i serà útil per poder ajustar el circuit quan es posi en funcionament.

Finalment també sabem que amb els valors de resistència utilitzats quan el sensor tingui la seva sortida en el valor mínim de 4mA a l'entrada de convertidor A/D tindrem 1V.

En l'entrada del pin RA1 hi ha connectat el flotador que s'utilitza com a interruptor amb el circuit següent:

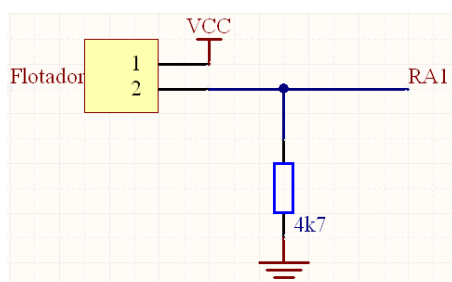


Figura 3.2.3. – *Circuit entrada RA1*

El funcionament és molt senzill, el flotador actua com a interruptor i es connecta en el connector de manera que normalment quedi tancat quan aquest no està flotant.

Per tant, amb el circuit tenim una caiguda de tensió de 5V a la resistència de 4k7Ω quan la bassa no està plena i el sensor no flota, un 1 lògic i el circuit quedarà obert quan aquest floti.

En el Port B s'utilitzen 4 pins com a entrades (RB0, RB1, RB2, RB3) la funció dels quals és la de selector de mode de funcionament mitjançant un switch i una entrada procedent d'un polsador per a activar la visualització de nivell.

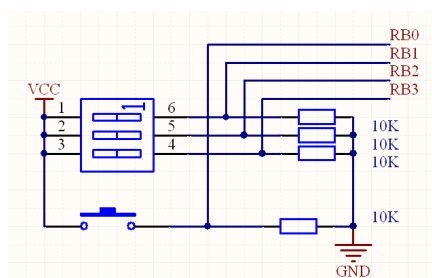


Figura 3.2.4. – Circuit entrades Port B

Quan s'activa algun dels selectors o pulsador es produeix una caiguda de tensió de 5V a la resistència de 10K que aquests són interpretats com un 1 lògic pel microcontroladors. El valor de la resistència és de 10K per tal que el corrent que circuli sigui molt petit, en aquest cas de 0.5mA.

En el port B també s'utilitzen 3 pins com a sortides (RB4, RB5, RB6) que s'utilitzen per alimentar el sensor d'ultrasons i per commutar l'electrovàlvula latch.

Els circuits corresponents estan descrits en l'apartat següent.

Finalment, en el Port C s'utilitzen els 8 bits, tots com a sortides, que corresponen a 8 leds que indiquen el nivell del dipòsit.

No es disposa de les característiques exactes dels leds utilitzats però es tracta de leds de 5mm comuns. Sabent que aquests necessiten una tensió aproximada de 2V i que amb un corrent de 15mA n'hi ha suficient per il·luminar-se, podem calcular el valor de la resistència en sèrie necessària per limitar aquest corrent al valor indicat i protegir les sortides del PIC ja que aquestes com a màxim poden subministrar 5V 25mA.

$$R = \frac{V_{pic} - V_{led}}{I} = \frac{5 - 2}{15 \times 10^{-3}} = 200 \Omega$$

Tenint en compte la tolerància de les resistències i els valors comercials s'utilitzaran resistències de 220Ω.

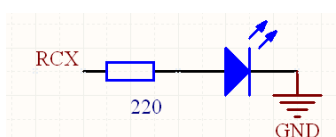


Figura 3.2.5. – Circuit sortides Port C

Arquitectura interna i posicions de memòria

Aquest microcontrolador disposa de dos blocs de memòria separats, la memòria de programa i la memòria de dades o banc de registres. Aquesta arquitectura és coneguda com a model Harvard i aquestes memòries son diferents tan en dimensió com en la longitud de les seves paraules.

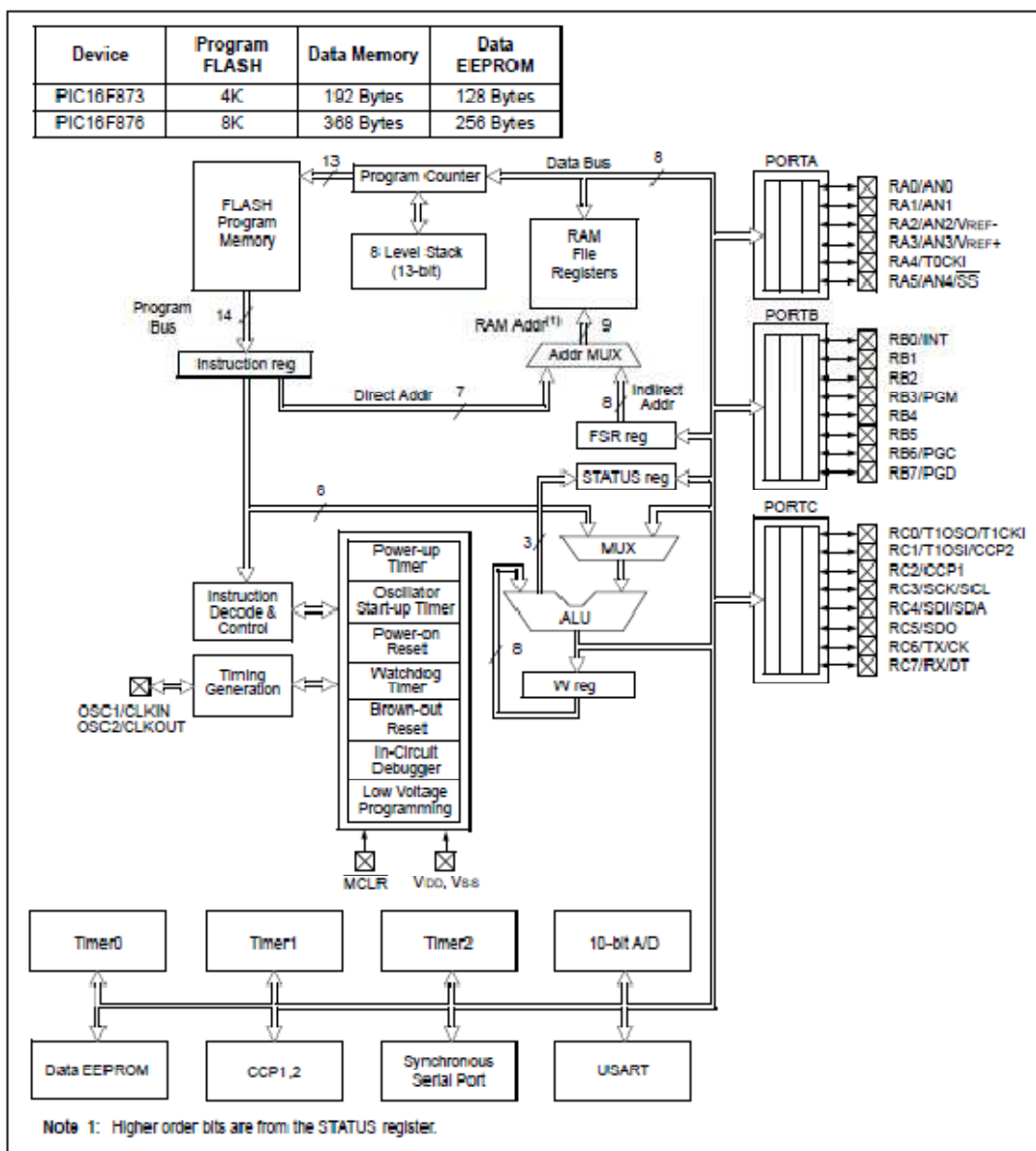
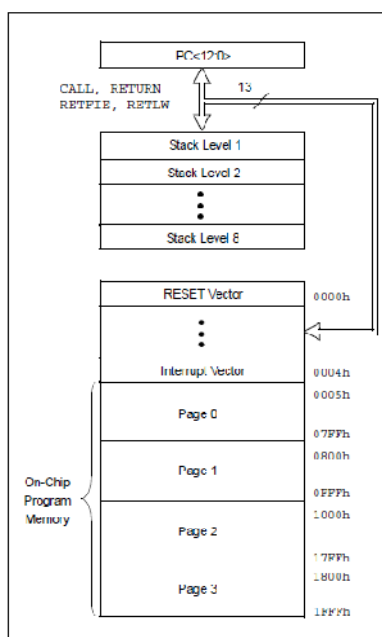


Figura 3.2.6. – Esquema general de l'arquitectura del PIC16F876

La memòria de programa és de tipus FLASH, aquesta es troba organitzada amb paraules de 14 bits.

Aquesta memòria de programa és només de lectura, tot i que és possible reescriure-la al mateix temps que s'està executant un programa, i conté les instruccions que ha de realitzar el microcontrolador.



El PC comptador de programa és de 13 bits, això fa que tingui $2^{13} = 8192$ bytes, que permet direccionar l'espai de memòria de 8Kbytes. Per tant, les direccions van des de la \$0000 fins la \$1FFFF, on el vector de reset es troba a la posició \$0000 i el vector d'interrupció a la posició \$0004.

Figura 3.2.7. – Esquema memòria de programa

La memòria RAM o Bancs de registres estan formats per 4 bancs que van des de la posició \$000 fins la posició \$1FFF i cada posició és de 8 bits. Les posicions baixes de cada banc contenen els registres de funcions especials o registres de control, els quals s'utilitzen per controlar i configurar el funcionament de la CPU del microcontrolador i els diferents perifèrics, mentre que a continuació es troben els registres de propòsit general o memòria de dades.

Cada banc de registres està format per 128 bytes de 8 bits. De tota la memòria RAM, si excloem les posicions ocupades pels registres de funcions especials, es disposa de 368 bytes de memòria de dades o registres per propòsit general.

File Address		File Address		File Address		File Address	
Indirect addr. ^(*)	00h	Indirect addr. ^(*)	80h	Indirect addr. ^(*)	100h	Indirect addr. ^(*)	180h
TMR0	01h	OPTION_REG	81h	TMR0	101h	OPTION_REG	181h
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h
PORTC	07h	TRISC	87h		107h		187h
PORTD ⁽¹⁾	08h	TRISD ⁽¹⁾	88h		108h		188h
PORTE ⁽¹⁾	09h	TRISE ⁽¹⁾	89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EEDATA	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON1	18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved ⁽²⁾	18Eh
TMR1H	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved ⁽²⁾	18Fh
T1CON	10h		90h		110h		190h
TMR2	11h	SSPCON2	91h		111h		191h
T2CON	12h	PR2	92h		112h		192h
SSPBUF	13h	SSPADD	93h		113h		193h
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h		114h		194h
CCPR1L	15h		95h		115h		195h
CCPR1H	16h		96h		116h		196h
CCP1CON	17h		97h	General Purpose Register 16 Bytes	117h	General Purpose Register 16 Bytes	197h
RCSTA	18h	TXSTA	98h		118h		198h
TXREG	19h	SPBRG	99h		119h		199h
RCREG	1Ah		9Ah		11Ah		19Ah
CCPR2L	1Bh		9Bh		11Bh		19Bh
CCPR2H	1Ch		9Ch		11Ch		19Ch
CCP2CON	1Dh		9Dh		11Dh		19Dh
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh		11Eh		19Eh
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh		11Fh		19Fh
	20h		A0h		120h		1A0h
General Purpose Register 96 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes	
			EFh		16Fh		1EFh
		accesses 70h-7Fh	F0h	accesses 70h-7Fh	170h	accesses 70h - 7Fh	1F0h
			FFh		17Fh		1FFh
Bank 0	7Fh	Bank 1	FFh	Bank 2	17Fh	Bank 3	1FFh

Unimplemented data memory locations, read as '0'.
 * Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F876.
Note 2: These registers are reserved, maintain these registers clear.

Figura 3.2.8. – Organització registres de memòria RAM

Finalment aquest microcontrolador també disposa d'una memòria EEPROM de 256 bytes, en la qual s'hi poden guardar dades que volem conservar quan s'apagui l'alimentació del propi microcontrolador indefinidament.

Aquesta memòria és de 8 bits i no forma part de l'espai normalment direccionable, això vol dir que per a accedir a ella es fa a través de 2 registres per la lectura /escriptura.

Convertidor AD

El pic16F876 disposa d'un perifèric intern per la conversió A/D (Analògic-Digital), aquest convertidor que incorpora té una resolució màxima de 10 bits i un multiplexor intern per tal de controlar les cinc entrades analògiques disponibles.

La funció del convertidor és la de convertir senyals d'entrada continus en el temps i amplitud, en senyals discrets.

El senyal d'entrada seleccionat del convertidor A/D (Analògic-Digital) carrega un condensador de mostreig i retenció, la sortida del qual és l'entrada a convertir. Mitjançant el mètode d'aproximacions successives comparant el valor de l'entrada amb un valor de referència, genera una sortida equivalent de fins a 10 bits.

Pel que fa a la configuració utilitzada en el disseny del sistema, ja que no es necessita molta resolució ni molta velocitat a l'hora de conèixer el nivell de l'aigua, s'ha configurat el ADC per treballar amb 8 bits i utilitzant el rellotge intern per fer les operacions.

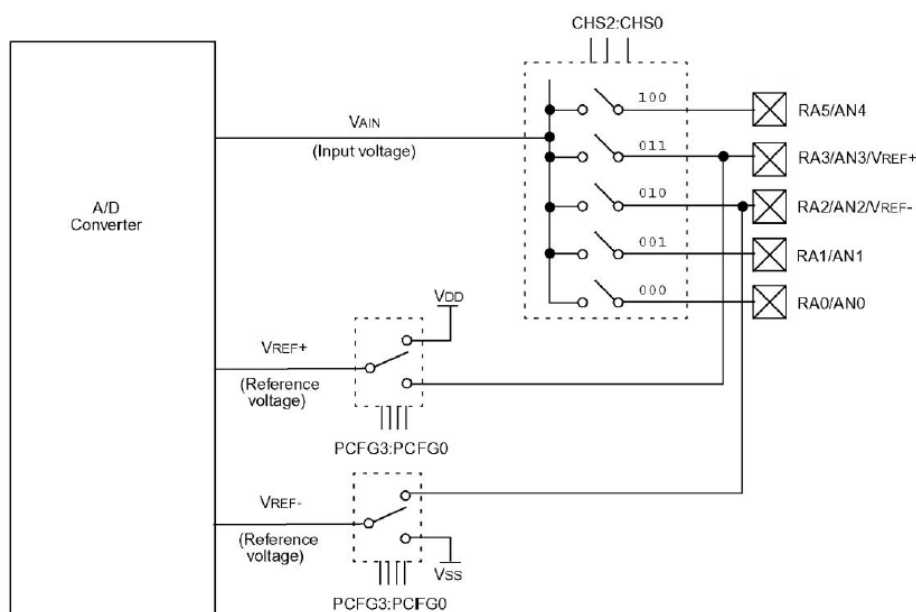


Figura 3.2.9. – Diagrama de blocs del convertidor A/D del PIC16f876

Pel fet d'utilitzar una resolució de 8 bits ($2^8=256$ combinacions binàries), utilitzant l'alimentació interna de 5V obtenim una resolució de 19.53mV per bit.

$$(V_{ref+} - V_{ref-}) / 256 = (5V - 0V) / 256 = 19,53mV/bit$$

Oscil·lador

Pel funcionament de qualsevol microcontrolador és necessari un senyal de rellotge que consisteix en una ona quadrada, la qual configura els impulsos de rellotge utilitzats en la sincronització de totes les operacions del sistema.

El microcontrolador que s'ha escollit pel desenvolupament del projecte pot operar amb modes d'oscil·lació diferents.

- Oscil·lador intern
- Resistència i Condensador (RC)
- Low Power Crystal (LP)
- Crystal / Resonator (XT)
- High Speed Crystal / Resonator (HS)

Pel sistema que s'està desenvolupant s'utilitzarà un cristall de quars de 32 kHz per aconseguir fer treballar el microcontrolador a poca freqüència ja que volem una configuració per aconseguir temps llargs de temporització i un baix consum LP. El cristall s'haurà de connectar seguint l'esquema següent:

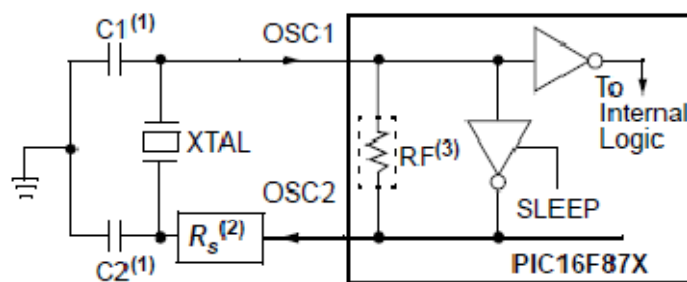


Figura 3.2.10. – Esquema Connexió Oscil·lador

A més del cristall s'afegeixen dos condensadors C1 i C2 connectats a massa, que per una sortida de 5V s'escolliran de 29pF.

La freqüència del senyal d'entrada de rellotge es divideix internament generant quatre estats els quals delimiten cada cicle d'instrucció. Si es coneix el valor del quars utilitzat i el nombre de períodes de rellotge que formen un cicle màquina del PIC es pot conèixer el temps que es tarda a realitzar cada instrucció:

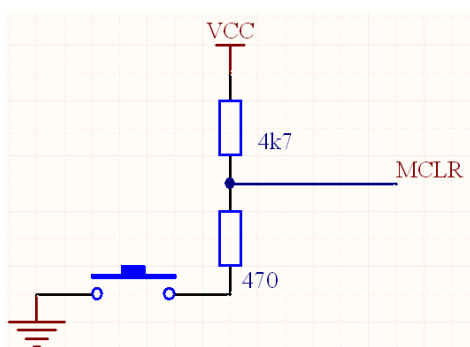
$$F = 32.768\text{KHz}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{32768} = 30,52\mu\text{s}$$

$$\text{Temps instrucció} = 4 * T_{osc} = 4 * 30,52\mu\text{s} = 0,122 \text{ ms}$$

Un cicle màquina és l'interval necessari per descodificar i executar una instrucció bàsica del microcontrolador. Per un oscil·lador de 32.768KHz s'obté un cicle màquina de durada 0,122ms.

Circuit de Reset



Per realitzar el circuit de reset connectem el següent esquema en el pin MCLR del microcontrolador. D'aquesta manera quan es prem el pulsador el programa es reseteja.

Figura 3.2.11. – Esquema Circuit de Reset

3.2.2. Electrovàlvula latch

L'electrovàlvula és l'element del sistema que controlem per tal de distribuir l'aigua entre els dos punts possibles, el dipòsit i la bassa.



Figura 3.2.12. – *Electrovàlvula latch amb l'aixeta*

La funció de l'electrovàlvula és la d'una aixeta que des del circuit podem activar o desactivar segons els paràmetres que tenim a les entrades. Existeixen diferents tipus d'electrovàlvules, algunes en AC i d'altres en DC. En el nostre sistema s'ha optat per una electrovàlvula DC de tipus latch ja que volem que el sistema tingui un consum el màxim ajustat possible, per aquesta raó no es podia permetre que per mantenir activada l'aixeta fos necessari mantenir un corrent de forma permanent si no el contrari, que pogués ser activada/desactivada amb impulsos breus i d'aquesta manera quan el sistema estigui en repòs no consumeixi res.

Pel que fa al control de la commutació mitjançant proves al laboratori s'ha comprovat que era necessària una tensió mínima de 9V per activar l'electrovàlvula i per desactivar-la és necessari invertir la tensió amb un mínim de -9V.

Per poder subministrar la tensió positiva i negativa per activar/desactivar s'ha dissenyat un circuit de pont amb H controlat a través dels pins RB4 i RB5 de microcontrolador que es descriurà més endavant.

3.2.3. Sensor d'ultrasons

El sensors d'ultrasons estan dissenyats per tenir una gran robustesa en entorns difícils i problemàtics on hi ha una gran varietat de formes de reflexió. Tenen característiques que els permeten operar en entorns on altres dispositius no són adequats.

Aquest és el motiu principal pel que s'ha utilitzat aquest tipus de sensor ja que la seva funció en el sistema serà mesurar la distància del sensor fins a l'aigua del dipòsit i d'aquesta manera conèixer el nivell.



Figura 3.2.13. –Sensor d'ultrasons UB4000-F42-I.V15

El sensor utilitzat és de la marca Pepperl+Fuchs, concretament el UB4000-F42, funciona amb un transductor piezoelèctric com l'emissor i el receptor de so. El transductor transmet una sèrie d'impulsos acústics i converteix el pols de l'eco que retorna en un pols de voltatge. El control integrat calcula la distància entre el temps d'eco i la velocitat del so. I d'aquesta manera es coneix la distància i en la seva sortida analògica tenim el senyal de entre 4-20mA segons la distància.

Les característiques principals del sensor son les següents:

<i>Característiques UB400-F42-I.V15</i>	
Rang de detecció	200-4000mm
Rang d'ajust	240-4000mm
Zona cega	0-200mm
Freqüència del transductor	Aprox. 85Khz
Retard de resposta	Aprox 325ms
<i>Dades elèctriques</i>	
Tensió de treball	10-30V CC arrissat 10%
Corrent sense carrega	< 60mA
Impedància d'entrada	>12Koms
Tipus de sortida	Analògica 4-20mA
Resolució	0,7mm
Desviació de la característica de corba	± 1% del valor de fons d'escala
Precisió de repetició	± 0,1% del valor de fons d'escala
Impedància de carrega	0...300
Influència de la temperatura	± 1% del valor de fons d'escala
Grau de protecció	IP54

Taula 3.2.2. – *Característiques sensor d'ultrasons*

Observant les característiques tècniques comprovem que el sensor té una resolució superior a la que necessitem pel sistema, ja que pel control que es vol implementar en tindriem prou detectant diferències de distància d'uns 10cm. Veiem que ens subministrarà un corrent entre 4-20mA segons la distància mesurada i que el rang de detecció arriba fins els 4m, superior al 2 m que són les dimensions dels nostre dipòsit.

Finalment, pel que fa a l'alimentació pot estar alimentat amb una tensió entre 10-30V n DC. En el nostre cas l'alimentarem a 12V, la tensió es subministrarà a través d'una etapa de sortida del circuit que es descriurà més endavant, aquesta sortida només s'activarà quan sigui necessari i serà controlada mitjançant una sortida del PIC.

3.2.4. Interruptor de nivell

En el sistema que volem implementar és necessari controlar dos nivells per poder controlar l'obertura/tancament de l'electrovàlvula. Una possible solució hauria estat la utilització d'un altre sensor d'ultrasons per comprovar el nivell de la bassa de reg, de la mateixa manera que es fa amb el dipòsit; el motiu pel qual no s'ha optat per aquesta solució es econòmic, ja que el sensor d'ultrasons és bastant car.

Així doncs, per controlar el nivell de la bassa s'ha optat per un interruptor de nivell de tipus boia. No podrem saber el nivell que tenim a la bassa, l'únic que sabrem és si la bassa està completament plena o no.



Figura 3.2.14. – Interruptor de nivell

Aquest interruptor estarà connectat a la placa del circuit de manera que estigui normalment tancat NC i d'aquesta manera poder conèixer si es produeix un tall en el cable. Per tant, en estat de repòs, quan la bassa no estigui completament plena, tindrem 5V (1 lògic) a l'entrada del PIC i, quan s'ompli completament la bassa, commutaria l'interruptor i passarem a tenir 0V (0 lògic).

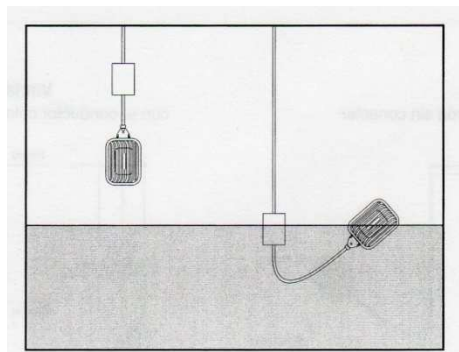


Figura 3.2.15. – Funcionament de l'interruptor de nivell

3.3. Disseny d'etapes

A continuació es detallen els càlculs i elements que formen el disseny de diferents parts del circuit com són la font d'alimentació i les sortides de potència per l'alimentació del sensor i la commutació de l'electrovàlvula.

3.3.1. Font d'alimentació

Degut a que el nostre sistema s'alimentarà d'una bateria de 12V, l'alimentació del circuit s'ha resolt mitjançant un regulador de voltatge integrat de la sèrie 7805, concretament el L7805CV de ST, que subministrarà 5V sempre que l'entrada tingui un valor entre 7.5V i 15V.

L'esquema del circuit és el següent:

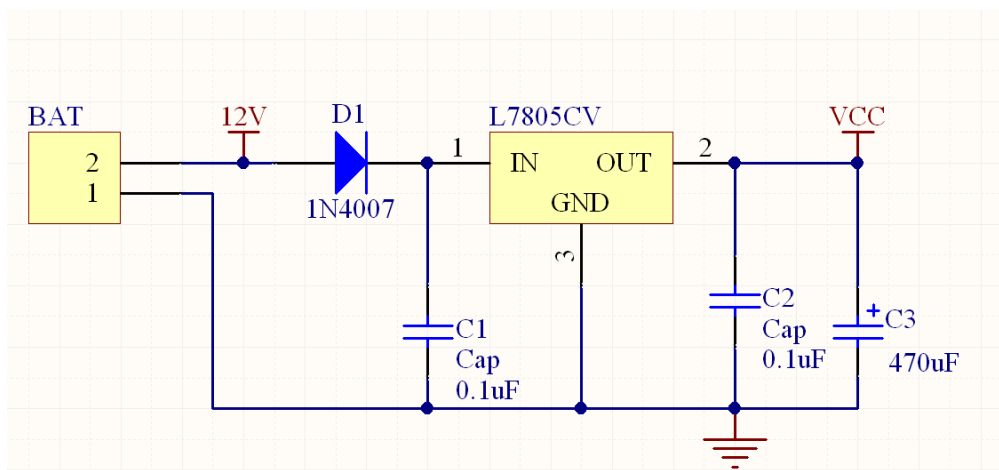


Figura 3.3.1. – *Circuit d'alimentació*

Els 12V arribaran al circuit des de la bateria del sistema solar que es connectarà a un terminal amb cargols de dues vies.

Pel que fa a la resta de circuit, simplement hi ha un diode 1N4007 que s'encarrega de protegir la resta del circuit d'una possible connexió amb la polaritat invertida, dos condensadors de 0.1uF típics pel regulador de voltatge i un condensador electrolític de 470uF/16V per filtrar el ripple que puguem tenir.

Inicialment, a la sortida del regulador hi havia connectat una resistència i un led per indicar que el circuit estava alimentat, però en el disseny final s'ha prescindit ja que era un punt de consum de 10mA constants innecessari.

3.3.2. Sortida alimentació del sensor

Un dels requisits inicials del circuit és que mitjançant una sortida del PIC es pugui connectar una càrrega de 12V/ 2A per poder alimentar elements externs al circuit.

Aquesta etapa de sortida inicialment s'utilitzarà per a l'alimentació del sensor d'ultrasons, aquest sensor necessita pel seu funcionament un corrent molt inferior, d'uns 60mA.

S'han dissenyat dues possibles solucions a implementar, una per poder alimentar simplement el sensor i l'altre per poder connectar qualsevol càrrega amb un corrent màxim de 2A. El que ens interessa en qualsevol dels dos casos és poder connectar o desconnectar les càrregues com si es tractés d'un interruptor, la solució implementada es mitjançant transistors.

El PIC ens subministra una tensió de 5V i una intensitat de 25mA (com a màxim). Volem poder alimentar el sensor amb una tensió de 12V i un consum d'uns 60mA, per tant necessitem un transistor que pugui subministrar un corrent IC de com a mínim 60mA i una VCE superior a uns 20V.

El transistor seleccionat és el BC107 que suporta una IC de 100mA (un 40% més del corrent necessari), un VCEO de 45V suficient pel nostre disseny i una HFE de 110.

El transistor treballarà en tall/saturació de manera que mitjançant un corrent a la base del transistor s'activi.

L'esquema del circuit és el següent:

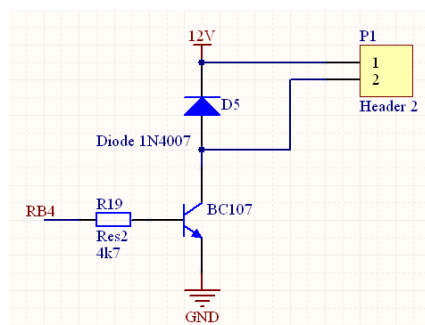


Figura 3.3.2. – Circuit alimentació amb BC107

Calculs del valor de la resistència:

Es necessita una intensitat de col·lector de 60mA i el transistor té un HFE = 110

$$HFE = \frac{I_C}{I_B} = 110 \quad I_B = \frac{60}{110} = 0,54\text{mA}$$

Hem de tenir una intensitat de 0.54mA a la base del transistor però per assegurar que el transistor entrarà en conducció agafem un valor superior de 0.8mA.

La VBE del transistor es de 0.7V i el pic subministra 5V, per tant tindrem $5V - 0.7V = 4.3V$, la resistència que tindrem de col·locar per obtenir el corrent desitjat serà:

$$\text{Resistència} = \frac{4.3V}{0.8\text{mA}} = 5375\Omega, \text{ finalment s'agafa una resistència de valor pròxim que}$$

existeix comercialment de 4K7, més petita que la calculada però ens assegurarà 100% que el transistor conduirà.

En el circuit també s'hi col·locarà un diode 1N4007 de protecció per evitar possibles corrents de retorn cap al circuit.

Aquest disseny descrit anteriorment és suficient per a l'alimentació del sensor però, per tenir més versatilitat i poder connectar altres tipus de càrregues de 12V i consums

d'alguns amperes, s'ha dissenyat una etapa amb una tipologia similar però substituint el transistor BC107 per un TIP111.

El TIP111 és un integrat format per uns transistors en Darlington que suporta corrents de 2A. El TIP111 té una VBE de 2.5V quan està actiu amb una IC de 2A i l'HFE mínim és de 1000.

Càlculs de la resistència de base:

Volem que al nostre circuit hi puguem connectar càrreges de 12V/ 2A

$$HFE = \frac{IC}{IB} = 1000 \quad IB = \frac{2}{1000} = 2mA$$

Hem de tenir una intensitat de 2mA a la base del transistor.

La Vbe del transistor es de 2.5V i el pic subministra 5V, per tant tindrem 5V-2.5V= 2.5V, la resistència que tindrem de col·locar per obtenir el corrent desitjat serà:

$$Resistència = \frac{2.5V}{2mA} = 1250\Omega \quad , \quad \text{finalment s'agafa una resistència de valor pròxim que}$$

existeix comercialment de 1K, més petita que la calculada però ens assegurarà 100% que el transistor conduirà i podrem connectar càrregues de com a mínim 2A

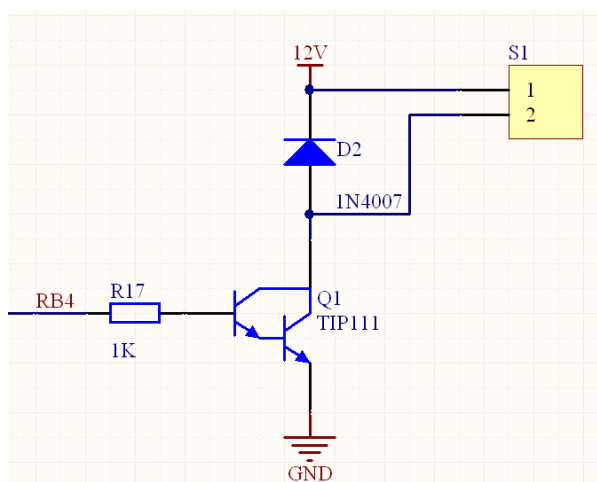


Figura 3.3.3. – *Circuit alimentació amb TIP111*

Igual que en el circuit anterior es col·loca un diode 1N4007 per protegir el circuit de corrents de retorn que es puguessin produir al desconnectar la càrrega.

Finalment, en el muntatge de la placa s'ha optat pel TIP111 ja que disposava de l'integrat i en futures ampliacions de l'aplicació tenim més versatilitat per alimentar càrregues grans. Cal comentar que seria necessari utilitzar un dissipador si es vol utilitzar el TIP111 per alimentar càrregues que no siguin el sensor i consumeixin alguns ampers.

Per assegurar el funcionament i comprovar possibles suposicions en els càlculs anteriors s'ha comprovat empíricament la intensitat de col·lector amb el sensor d'ultrasons connectat i aquesta és de 50mA a l'arrencada i 40mA passat un segon, també s'ha connectat una càrrega per fer passar 2A i s'ha pogut comprovar que en aquest cas limit la VCE és de 0,8V i VBE de 1.8V. D'aquesta manera podem assegurar que treballa en tall/saturació.

3.3.3. Pont H

Degut a les característiques de l'electrovàlvula s'ha hagut de dissenyar un sistema que ens permetés mitjançant les sortides del PIC activar una càrrega de 9V/2A i poder controlar la polaritat.

La solució que s'ha implementat rep el nom de pont H degut a la forma que presenta la forma del circuit, aquest circuit és molt utilitzat per al control de motors de CC ja que la seva finalitat és, mitjançant 2 pins de control, poder subministrar 9V o -9V i això en motors de CC ens permet controlar la direcció de gir.

L'esquema del circuit és el següent:

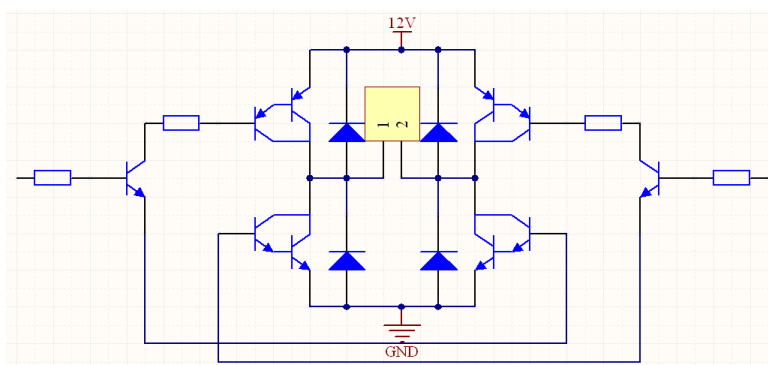


Figura 3.3.4. – Esquema pont H

El principi de funcionament és senzill. Mitjançant dos pins del PIC es controlen les dues entrades del circuit, de manera que si una té un valor de 5V (1 lògic) i l'altre té 0V (0 lògic) dos dels transistors estan en conducció i els altres dos en tall permetent el pas del corrent en una de les direccions com es mostra a la figura següent:

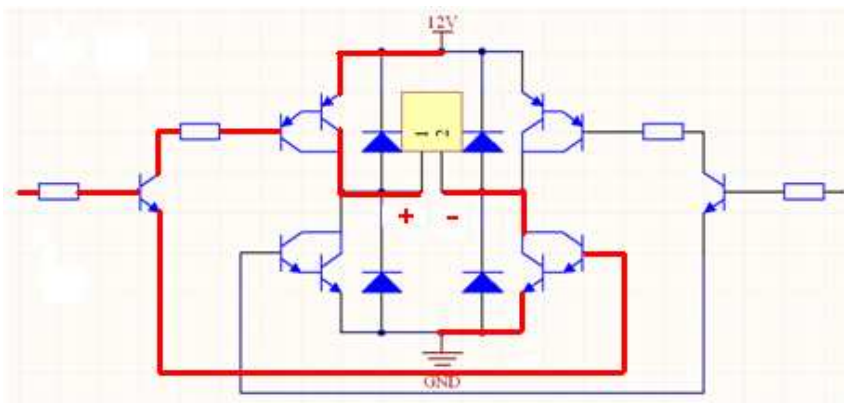


Figura 3.3.5. – Esquema pont H polaritat positiva

D'aquesta manera tenim entre els terminals 1 i 2 una polaritat positiva de 9V. En canvi, si pel contrari activem l'altre entrada i desactivem la primera tenim entre 1 i 2 -9V.

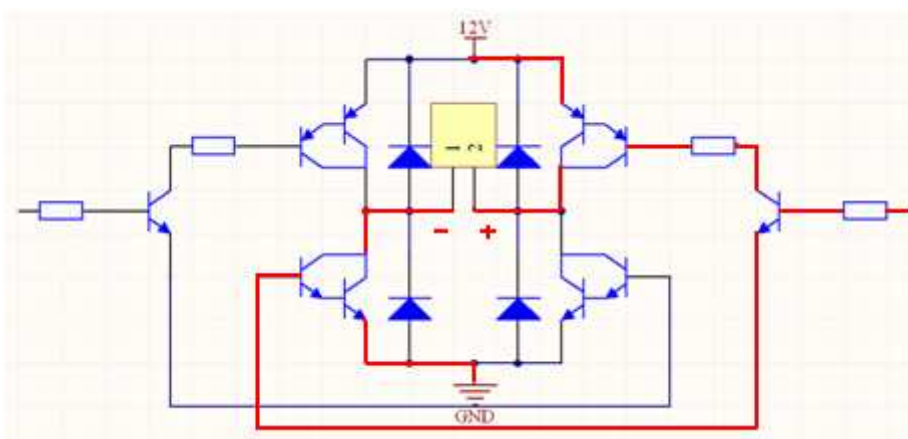


Figura 3.3.6. – Esquema pont H polaritat negativa

Per dissenyar aquesta etapa s'ha partit de la tipologia de circuit anterior, de manera que amb un transistor 2n2222 controlat des del PIC es subministra el corrent necessari a dos transistors, un PNP i l'altre NPN (TIP31 i TIP32), per treballar en la zona desitjada.

Volem que el circuit pugui alimentar càrregues de 2A amb una tensió mínima de +9V als borns de connexió. Amb les dades que podem obtenir del datasheet dels TIP31 i TIP32 veiem que necessitem una intensitat de base d'uns 80-90mA per un corrent de

2A , ja que no es disposa de la gràfica exacte podem estimar que amb aquest corrent a la base es pot fer treballar els transistors amb un IC de 2A i amb una VCE d'aproximadament 0,5V.

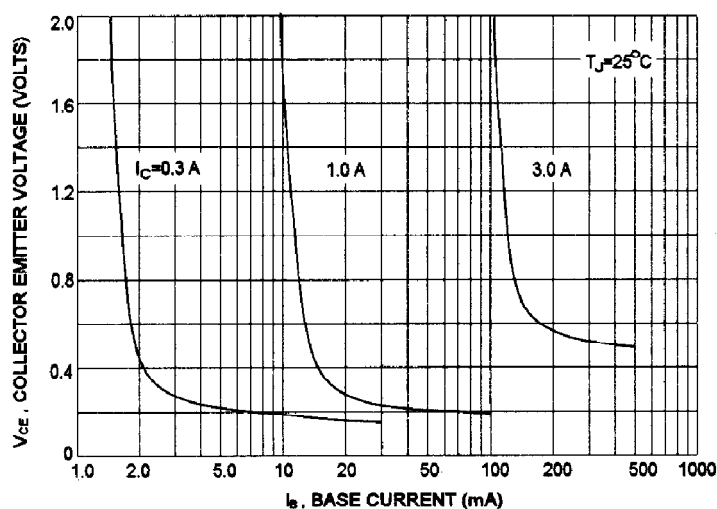


Figura 3.3.7. – VCE/IB TIP31/TIP32

Per aconseguir subministrar a les bases dels TIP31/32 el corrent de 80-90mA segons la gràfica del transistor 2n2222, necessitem una intensitat de base d'uns 3mA per treballar amb un IC de 150mA i un VCE de 0,2V.

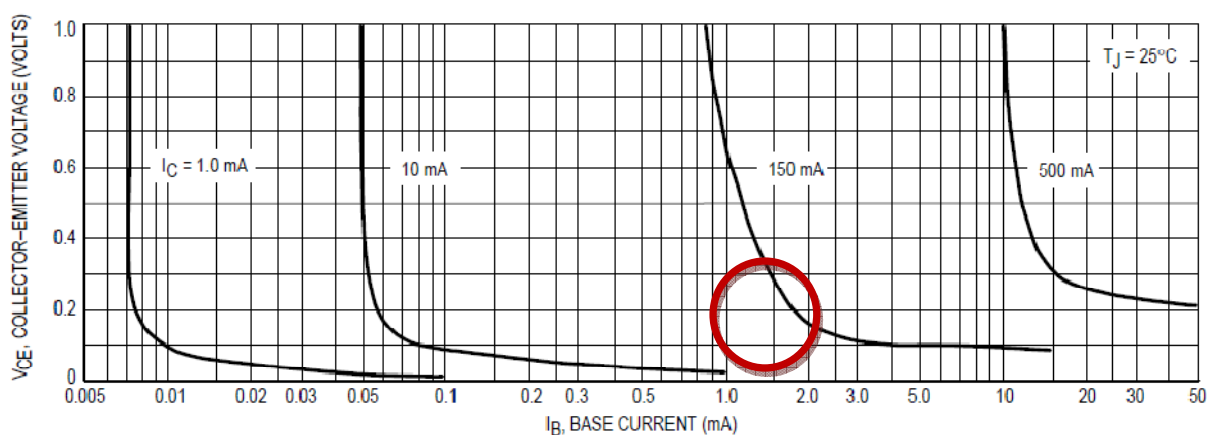


Figura 3.3.8. – Vce/Ib 2n2222

La VBE del transistor 2n2222 està entre 0.6-1.2V i el TIP31 aproximadament 1V, pic subministra 5V, per tant tindrem $5V - 1V - 1V = 3V$ la resistència que haurem de col·locar a la base per obtenir el corrent desitjat serà:

Resistència = $\frac{3V}{3mA} = 1000\Omega$, per tant s'utilitzarà una resistència de 1k ja que existeix el valor comercial.

Finalment, per limitar el corrent a la base dels transistors TIP es col·locarà una resistència entre el col·lector del 2n2222 i la base del TIP32.

Si tenim una VBE de 1V en els dos transistors TIP i un VCE de 0,2V en el 2n2222, la caiguda de tensió a la resistència serà de 9.8V.

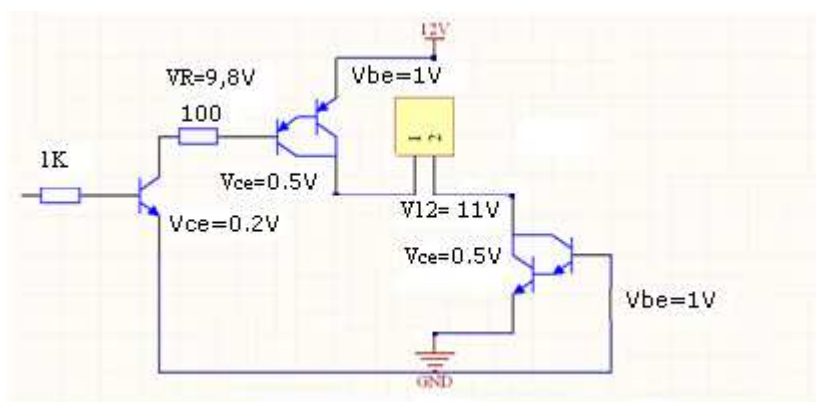


Figura 3.3.9. Detall pont H

Resistència = $\frac{9.8V}{90mA} = 109\Omega$, per tant, amb una resistència de **100Ω** 2W tindriem un corrent de 98mA, suficient per fer treballar els transistors segons les condicions plantejades.

Per a assegurar el funcionament i comprovar possibles suposicions en els càlculs anteriors, s'ha comprovat empíricament la intensitat dels col·lectors i diferents tensions amb la càrrega connectada, verificant que treballa a la zona desitjada.

3.4. Alimentació del sistema

Degut a la localització on s'instal·larà el sistema es fa difícil obtenir un punt d'accés a la xarxa elèctrica i per això s'ha optat per alimentar-lo mitjançant una petita instal·lació solar de 12V 4W.

3.4.1. Càlculs de la instal·lació.

Per dimensionar els elements pel nostre sistema és necessari calcular, en la zona on s'instal·larà, l'energia per unitat de superfície que rebrem. Aquest valor, degut a la posició solar relativa a la terra, oscil·la segons el lloc on ens trobem i l'època de l'any degut a que l'eix de rotació de la Terra i la perpendicular al pla de l'òrbita formen un angle de 23.45°.

La constant solar és l'energia solar total per unitat de temps i superfície que incideix sobre una superfície orientada en perpendicular als raigs, situada fora de l'atmosfera, i a una distància igual a la distància mitjana Terra-Sol. Aquesta és de $S = 1353 \text{W} \times \text{m}^2$

$$S(n) = S \left[1 + 0.0034 \cos \left(360 \times \frac{n}{365} \right) \right]$$

Degut a l'excentricitat de l'òrbita terrestre es produeixen variacions en la constant solar segons el temps. En el nostre cas determinem la constant solar del dia més representatiu de Desembre, el 10, per tant el dia 344 de l'any.

$$S(344) = 1353 \left[1 + 0.0034 \cos \left(360 \cdot \frac{344}{365} \right) \right] = 1396 \text{W}/\text{m}^2$$

Un altre dels paràmetres que necessitem conèixer és la declinació solar, aquesta es defineix com l'angle format per la línia que uneix els centres de la Terra i el Sol (direcció de la radiació directe) i el pla equatorial de la Terra.

El valor de la declinació varia en les diferents èpoques de l'any sent $\delta = 23.45^\circ$ en el solstici d'estiu, el valor $\delta = 0$ en els dos equinoccis, i valor $\delta = -23.45^\circ$ en el solstici d'hivern.

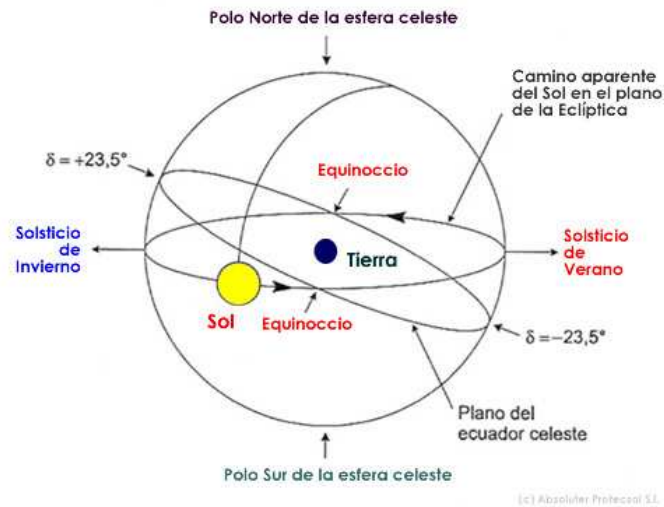


Figura 3.4.1. – Representació de la declinació de www.absoluterprotecsol.com/trayectoria-solar.htm

La declinació solar el 10 de Desembre és la següent:

$$\delta = 23,45^\circ \sin \left(360^\circ x \frac{284+n}{365} \right) =$$

$$\delta = 23,45^\circ \sin \left(360^\circ x \frac{284+344}{365} \right) = -23,05^\circ$$

Calculem l'angle solar coneixent la declinació calculada anteriorment i la latitud del municipi d'Espinelves, que és de 41,87°

$$Ws = \arccos(-\tan\phi \cdot \tan\delta)$$

$$\arccos(\tan(41.87) \cdot \tan(-23,05)) =$$

$$Ws(^{\circ}) = 67.58^{\circ}$$

$$Ws(\text{rad}) = 1.179$$

Mitjançant la següent expressió, calculem la irradiació solar extraterrestre, primerament amb una inclinació de la placa de 0° (horitzontal) i després amb l'inclinació amb la que s'instal·larà de 35°.

Càlcul de la radiació extraterrestre per superfície inclinada:

$$G_{OTdia} = \frac{24.3600}{\pi} \cdot S(n) [Ws \cdot \sin\delta \cdot \sin(\phi - s) + \cos\delta \cdot \cos(\phi - s) \cdot \sinWs]$$

Superfície horitzontal:

$$G_{Ohdia} =$$

$$\frac{24.3600}{\pi} \cdot 1396 [1.179 \cdot \sin(-23,05) \cdot \sin(41,87 - 0) + \cos(-23,05) \cdot \cos(41,87 - 0) \cdot \sin(67.58)] = 12.485 \text{ MJ/m}^2 \text{ dia}$$

Superfície inclinada 35°.

$$G_{Ot dia} =$$

$$\frac{24.3600}{\pi} \cdot 1396 [1.179 \cdot \sin(-23,05) \cdot \sin(41,87 - 35) + \cos(-23,05) \cdot \cos(41,87 - 35) \cdot \sin(67.58)] = 30.303 \text{ MJ/m}^2 \text{ dia}$$

Per poder calcular l'energia final sobre superfície inclinada a la terra, és necessari conèixer la radiació horitzontal diària de la zona. Amb l'ajuda de l'atlas de radiació solar a Catalunya de l'Institut Català de l'Energia podem tenir una aproximació d'aquesta dada ja que no es disposa de les dades d'Espinelves

CODI ESTACIÓ	Paràmetres			Irradiació solar global diària (MJ/m ²)											
	M (MJ/m ²)	A (MJ/m ²)	B (MJ/m ²)	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Des
VILADR	12.66	8.32	3.31	5.18	7.76	11.61	15.84	19.21	20.82	20.23	17.55	13.57	9.35	6.02	4.49

Taula 3.4.1. – Irradiació solar global diària Mj/m² de l'atlas de radiació de Catalunya any 2000

Aquestes són les dades de l'estació de Viladrau pròxima a Espinelves, ens interessa el valor del mes de menys irradiació ja que tenim de dimensionar la nostra instal·lació per a aquest mes.

Observem que el pitjor mes és el de Desembre i, mitjançant el mapa d'irradiació de Catalunya el desembre, podem fer una aproximació de la nostra zona.

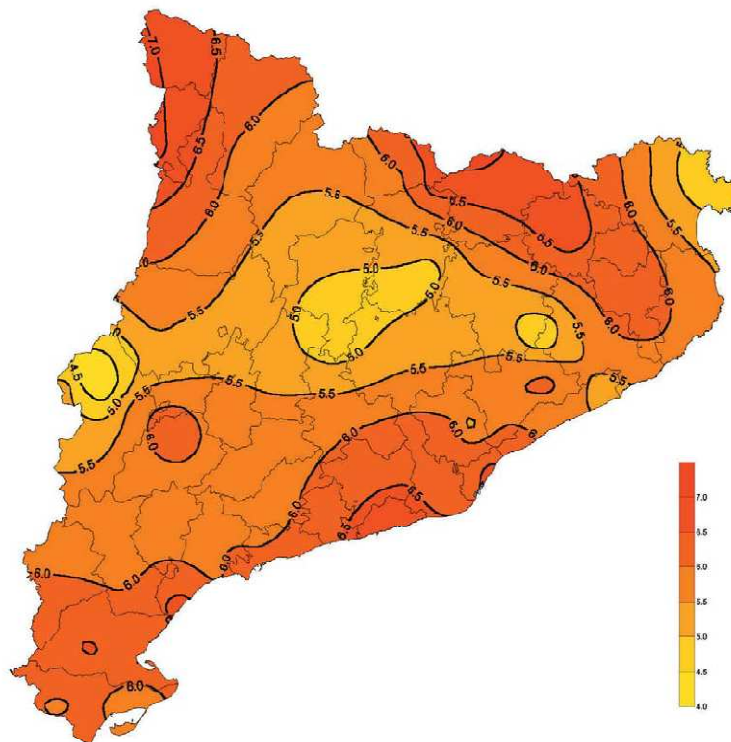


Figura 3.4.2. – Mapa d'irradiació global diària. Mitjana del mes de desembre (MJ/m^2)

Per assegurar el funcionament del sistema en qualsevol període de l'any agafem d'irradiació solar del desembre el pitjor més de l'any. Segons el mapa anterior podem estimar que la mitjana mensual del desembre serà de $G_{h\text{dia}} = 4MJ/m^2$ en el pitjor dels casos.

A la superfície de la terra la irradiació és molt més petita que la rebuda a l'exterior de l'atmosfera. L'atmosfera reflecteix i absorbeix bona part de la radiació.

Podem expressar la mitjana mensual d'irradiació sobre superfície inclinada a través de la irradiació en superfície horitzontal segons la següent expressió:

$$G_t\text{dia} = R \cdot G_h\text{dia}$$

On R és un factor de proporcionalitat format per tres contribucions:

$$\bar{R} = \underbrace{\left(1 - \frac{\bar{G}_{d h dia}}{\bar{G}_{h dia}}\right)}_{directa} \cdot \bar{R}_b + \underbrace{\left(\frac{\bar{G}_{d h dia}}{\bar{G}_{h dia}}\right)}_{difusa} \cdot \underbrace{\left(\frac{1 + \cos s}{2}\right)}_{reflectada} + \rho \cdot \underbrace{\left(\frac{1 - \cos s}{2}\right)}_{reflectada}$$

Necessitem calcular $\frac{G_{ah dia}}{G_{h dia}}$, R_b a través de l'expressió.

$$\frac{G_{ah dia}}{G_{h dia}} = 1,39 - 4,027Kt + 5,531kt^2 - 3,108kt^3$$

$\frac{G_{ah dia}}{G_{h dia}}$ està relacionada amb el factor Kt (coeficient de transmissió de l'atmosfera anomenat també índex de nuvolositat)

$$Kt = \frac{G_{h dia}}{G_{oh dia}} = \frac{4 \cdot 10^6}{12,49 \cdot 10^6} = 0,32$$

$$\frac{G_{ah dia}}{G_{h dia}} = 1,39 - 4,027 \cdot 0,32 + 5,531(0,32)^2 - 3,108(0,32)^3 = 0,5658$$

R_b és el coeficient entre la irradiació rebuda en superfície inclinada i la rebuda en horitzontal

$$R_b = \frac{G_{ot dia}}{G_{oh dia}} = \frac{30,3 \cdot 10^6}{12,49 \cdot 10^6} = 2,426$$

Els factors que tenen en compte l'orientació de la placa són:

$$F_d = \frac{1 + \cos(s)}{2} = \frac{1 + \cos(35)}{2} = 0,91$$

$$F_r = \frac{1 - \cos(s)}{2} = \frac{1 - \cos(35)}{2} = 0,09$$

Amb tots els factors calculats anteriorment podem determinar el factor de proporcionalitat R. L'únic paràmetre que ens falta és ρ , que indica la reflectància del sòl (aquest pot variar entre 0,2 en superfícies molt poc reflectants i 0,7 en el cas contrari com podria ser la neu) en el nostre cas agafarem un índex de reflectància de 0,4

$$R = \left(1 - \frac{G_{ah dia}}{G_{h dia}}\right) R_b + \left(\frac{G_{ah dia}}{G_{h dia}}\right) F_d + F_r \cdot \rho$$

$$R = (1 - 0,5658)2,426 + (0,5658)0,91 + 0,09 \cdot 0,4 = \mathbf{1,604}$$

$$G_t dia = R \cdot G_h dia = 1,604 \cdot 4 \cdot 10^6 = \mathbf{6,42 MJ/m^2 dia}$$

Finalment tenim com a resultat que la irradiació que rebrem el desembre serà de 6,42MJ/m² diari de mitjana mensual. Aquesta expressada en Kwh/m² dia és:

$$G_t dia_{des} = 6,42 \text{Mj} \cdot \left(\frac{1 \text{Kwh}}{3,6 \text{MJ}} \right) = \frac{\mathbf{1,783 \text{Kwh}}}{\mathbf{m^2}} dia$$

Una vegada sabem la irradiació que tindrem al desembre hem de calcular el nombre de mòduls solars i la capacitat de la bateria necessària per garantir el correcte funcionament del sistema.

Primer farem una estimació dels consums dels elements del sistema, en aquest cas per fer l'estimació s'ha mesurat els corrents i tensions amb el sistema en funcionament i s'han arrodonit els consums a valors superiors per tal d'assegurar que l'energia consumida diàriament sempre serà inferior a la calculada.

S'ha tingut en compte el consum de tres parts del sistema, primerament la placa dissenyada amb tots els elements desactivats té un consum d'aproximadament 10mA però es pren un valor de 15mA que durarà les 24h del dia.

En segon lloc tenim el consum del sensor d'ultrasons que, segons el datasheet del fabricant, serà inferior a 60mA, però prendrem un valor de 80mA per incloure un possible consum de l'etapa d'alimentació del sensor. El temps de funcionament del sensor serà de 5s cada 10 minuts quan el sistema surt de l'estat de repòs, en total representen 0,2h diàries.

I finalment tenim l'electrovàlvula que funciona amb impulsos d'aproximadament 2A, però prendrem un valor de 2,5A i la durada d'aquests és de 500ms i en un cas extrem, que en cada cicle de funcionament commutés d'estat s'activaria cada 10 min, al cap del dia representarien 0,02h

Sistemes	Potència (W)	H funcionament diari	Energia (w.h)
Sistema general	0,18	24	4,32
electrovàlvula	30	0,02	0,6
sensor ultrasons	0,96	0,2	0,192
Consum energètic màxim (W.h)/dia			5,112 (w.h)/dia

Taula 3.4.2. – Taula consums circuit

Càlcul del nombre de mòduls necessaris:

Per poder determinar el nombre de mòduls que necessitem utilitzarem la següent expressió

$$Nm = \frac{En}{Pmax * hsp}$$

Cal introduir en aquest punt el concepte hsp (hores solar pic), que es defineix com les hores de llum solar equivalent per dia, però definides amb una base de una irradiància I(Kw/m²) **de 1Kw/m²**, amb la qual sempre esta mesurada la potència dels panells solars. És una manera d'estandaritzat la corba d'irradiància diària.

$$hsp = \frac{Gtdia(\frac{kwh}{m^2 dia})}{I} = \frac{1,783 Kwh/m^2 dia}{1 Kwh/m^2} = 1,783h/dia$$

L'energia necessària és el coeficient entre l'energia consumida i un factor de rendiment fr, en el nostre cas de 0,8 ja que és tracta de CC.

$$En = \frac{Ec}{fr} = \frac{5,112}{0,8} = 6,39 W.h/dia$$

Per tant. si la placa solar que volem utilitzar ens pot subministrar una potència màxima de 4W.

$$Nm = \frac{En}{Pmax * hsp} = \frac{6,39}{4 * 1,783} = \mathbf{0,896}$$

Amb una sola placa de 4 W, com la que volem utilitzar, en tindrem suficient.

L'altre element que tenim de dimensionar és la bateria, volem una autonomia de 7 dies ja que així tenim una autonomia superior al període amb més dies de nuvolositat

$$Cb = \frac{En * dies autonomia}{V * fd} = \frac{6,39 * 7}{12 * 0,6} = \mathbf{6,21 Ah}$$

3.4.2. Placa solar

Per tal de subministrar l'energia necessària al sistema s'ha utilitzat una placa solar de 12V 250mA amb una potència solar pic de 4.5W. Amb els càlculs realitzats comprovem que amb aquest mòdul solar tindrem potència suficient per mantenir el sistema en funcionament i la bateria carregada.

El panell solar està encapsulat en una carcassa de policarbonat hermètic a l'aigua, la humitat i la corrosió, fet que permetrà utilitzar-lo en condicions climatològiques adverses.

La placa solar incorpora un diode de bloqueig per evitar que es descarregui la bateria quan la llum solar és insuficient.



figura 3.4.3. – Fotografia placa solar

<i>Característiques Modul solar 12V 250mA</i>	
Potència màxima	4,5W
Tensió Voc	17,5
Corrent Isc	200mA
Tensió Max	18V
Corrent Max	250mA
Dimensions	255x187x17mm

Taula 3.4.3. – Característiques de la placa solar

3.4.3. Bateria



Figura 3.4.4. – Fotografia bateria 7Ah

En tractar-se d'un sistema autònom, un dels elements essencials és el sistema d'emmagatzematge d'energia. Per aquesta finalitat s'ha utilitzat una bateria solar AGM de 12V 7Ah. A les bateries AGM (Absorbed Glass Mat, fibra de vidre absorbent) l'electròlit es troba immobilitzat , amarrant la fibra de vidre, són aptes per descàrregues profundes i tenen gran rapidesa de recàrrega. Degut a aquestes característiques estan dissenyades especialment per a sistemes solars/eòlics.

La capacitat de la bateria està dimensionada de manera que pugui subministrar energia al sistema en cas de falta de Sol 7 dies, però segurament l'autonomia real serà bastant superior ja que el consum que s'ha agafat per realitzar els càlculs és un valor màxim i el sistema amb un funcionament normal no commuta la electrovàlvula en cada cicle, així que per les característiques de la ubicació hauria de ser més que suficient.

3.4.4. Regulador solar

El regulador és l'element que s'encarrega que el procés de càrrega i descàrrega de la bateria es faci de manera correcta.



Figura 3.4.5. – Fotografia regulador solar

Les funcions que fa el regulador solar són:

- Protecció contra sobrecàrrega de la bateria. Així s'evita que la bateria s'escalfi, i es deteriori.
- Carregar la bateria al màxim. Quan la bateria arriba a la tensió final de càrrega, el regulador va reduint la corrent i no talla el subministrament de càrrega fins que la bateria no està completament carregada.
- Visualització de funcions. El regulador disposa de dos LEDs per indicar si la bateria està en procés de càrrega o carregada completament.

Les característiques principals del regulador seleccionat.

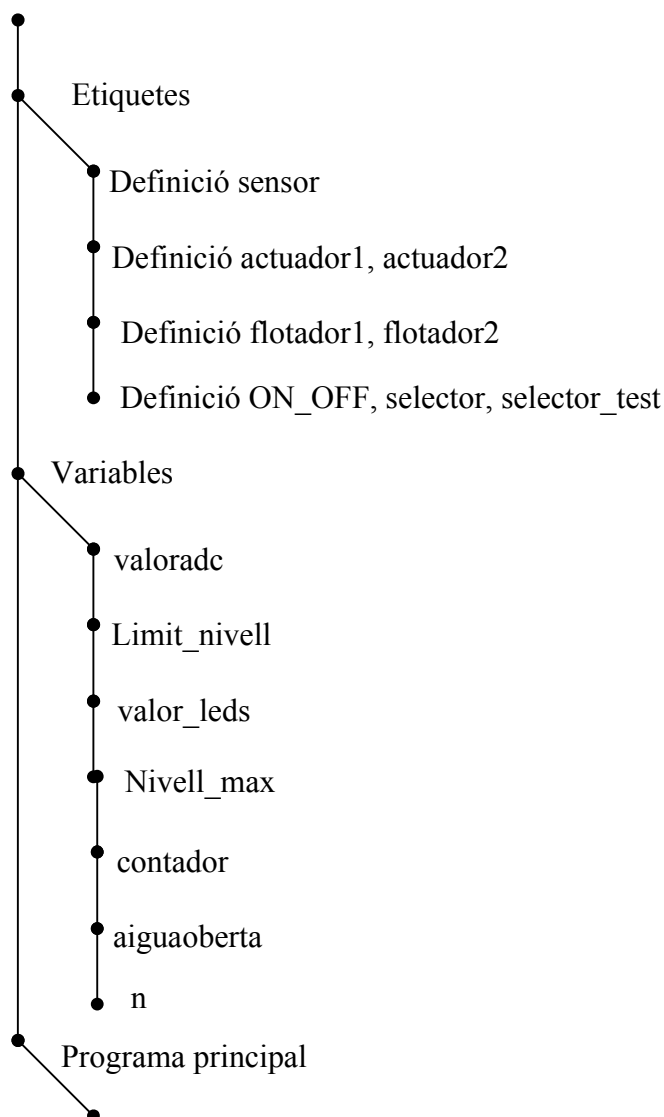
<i>Característiques Regulador solar 12V 4A</i>	
Tensió nominal	12V
Carga màxima	4A
Consum màx. Electricitat pròpia	1.5mA
Tensió final de càrrega	13,8V
Marges de temperatura	-10°C...50°C

Taula 3.4.4. – Característiques del regulador solar

4. REALITZACIÓ DEL SOFTWARE

4.1. Programa principal (pseudocodi)

A continuació es presenta l'esquema general del programa en pseudocodi mitjançant el qual es genera el codi en llenguatge C del PIC16F876. El programa principal es troba adjuntat en l'Annex. El fragment de pseudocodi següent consisteix en les definicions de paràmetres per el compilador i definició de les variables

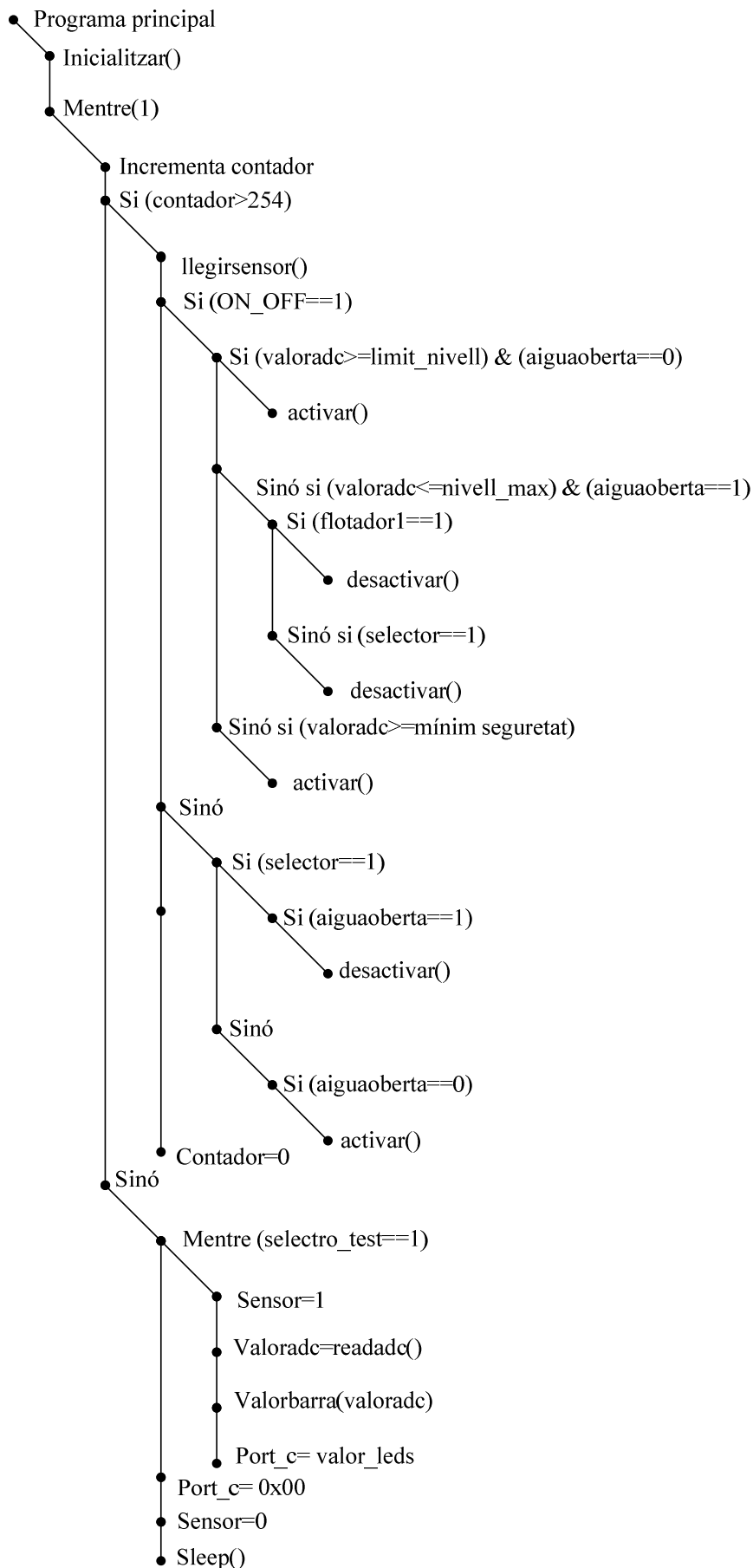


En les definicions s'ha establert el pin del PIC on hi ha connectada l'etapa d'alimentació del sensor, els dos pins on hi ha connectades l'etapa del pont H per activar/desactivar l'electrovàlvula, el pin on hi tenim l'entrada del flotador de nivell i les tres entrades corresponents als tres switch del selector.

Pel que fa a les variables s'ha definit una variable "valoradc" per emmagatzemar el valor obtingut del sensor, una variable "limit_nivell" que servirà per marcar el límit per

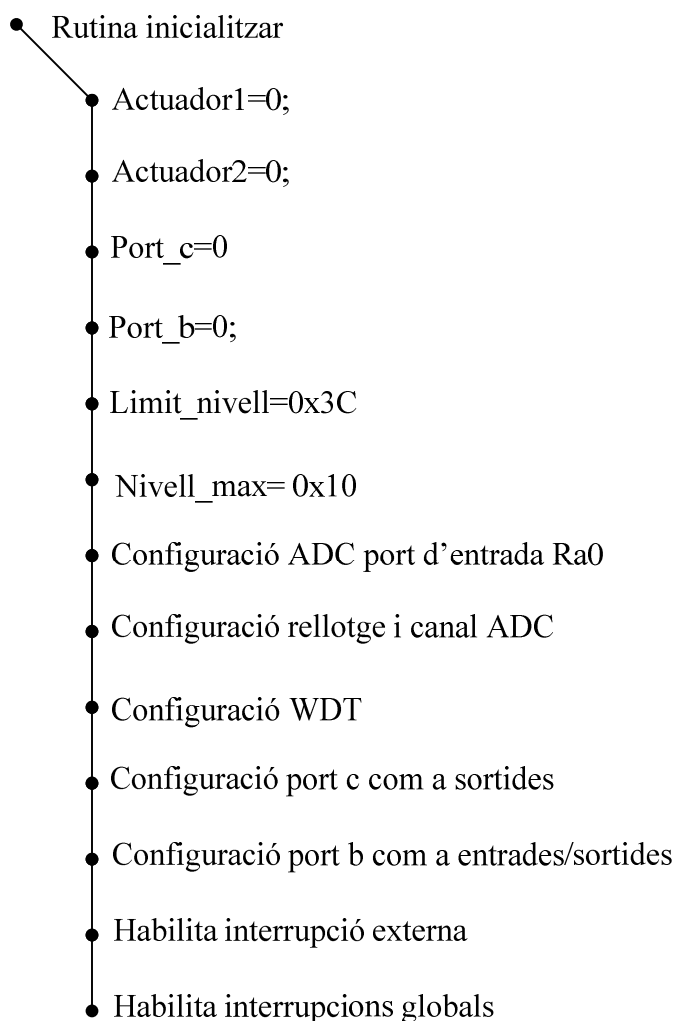
activar/desactivar l'electrovàlvula, una variable "Nivell_max" que servirà per marcar el límit on es considera el dipòsit ple, una variable "valor_leds" per guardar el valor que s'ha de passar al port_c per encendre els leds i, per últim, tenim una variable per comptar el retard entre mostres i altres variables d'estat del sistema.

A continuació es pot observar el pseudocodi de la rutina general del sistema, on es pot veure que el funcionament consisteix en mantenir el sistema en mode sleep, despertar cada 2,3s amb l'ús de WDT amb el màxim upscaler i durant 255 cicles, just al sortir del mode sleep, immediatament es torna a posar el microcontrolador en repòs, aconseguim d'aquesta manera que durant 10min el sistema es mantingui amb un consum mínim. Passat aquest temps es prenen dades del sensor i de les entrades del sistema i s'activa/desactiva la circulació de l'aigua cap al dipòsit.



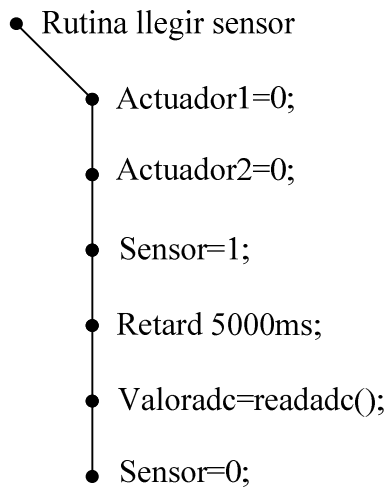
A continuació es mostra les rutines utilitzades per inicialitzar el sistema, llegir l'entrada del sensor, activar o desactivar l'electrovàlvula i la rutina per seleccionar el valor corresponent als leds per indicar el nivell d'aigua.

El pseudocodi corresponent a la rutina d'inicialitzar és la següent:

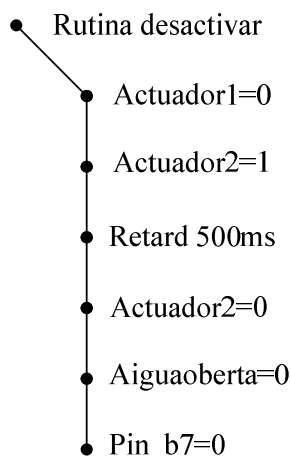
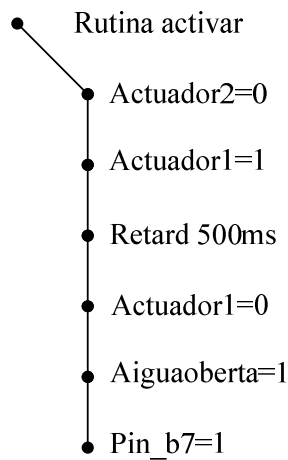


On es configuren els perifèrics utilitzats i els valors inicials de variables i ports.

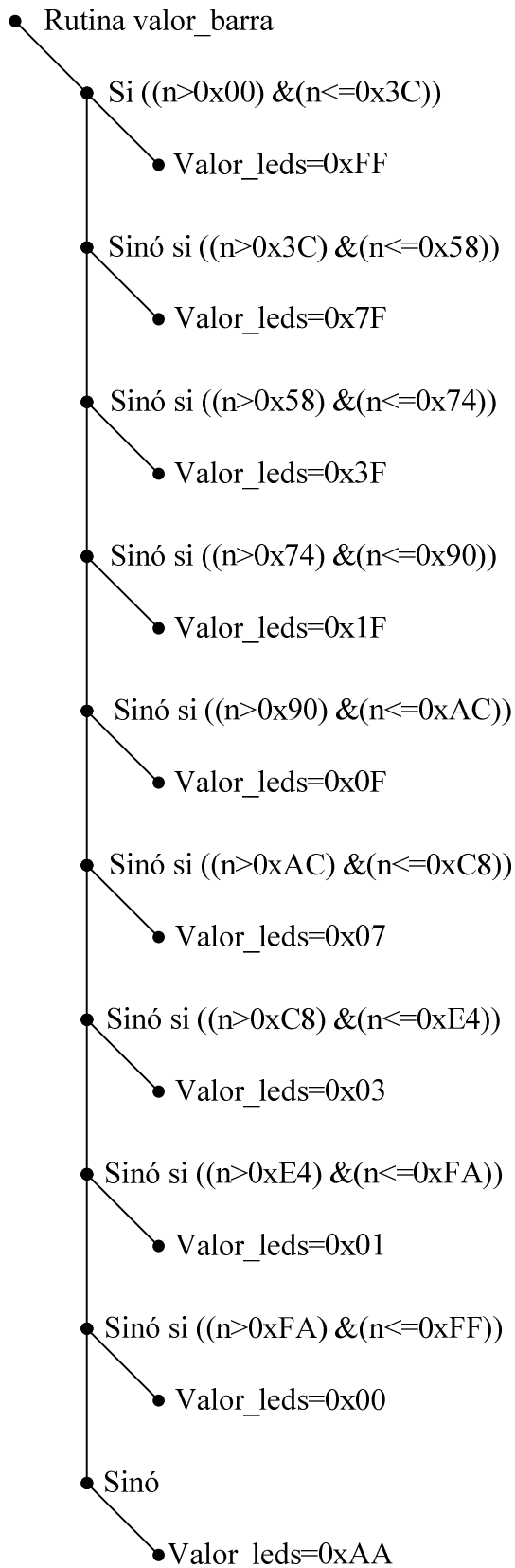
Una altra de les rutines utilitzades és la de lectura del nivell mitjançant el sensor d'ultrasons. La rutina és molt senzilla i consisteix en assegurar-se que el control de l'electrovàlvula està desactivat, seguidament es posa a nivell alt el pin corresponent a l'etapa d'alimentació del sensor, s'espera 5 segons per la correcta alimentació del sensor i tot seguit es pren una dada utilitzant el ADC del PIC i la senyal d'entrada d 4-20mA del sensor; per acabar es desconnecta.



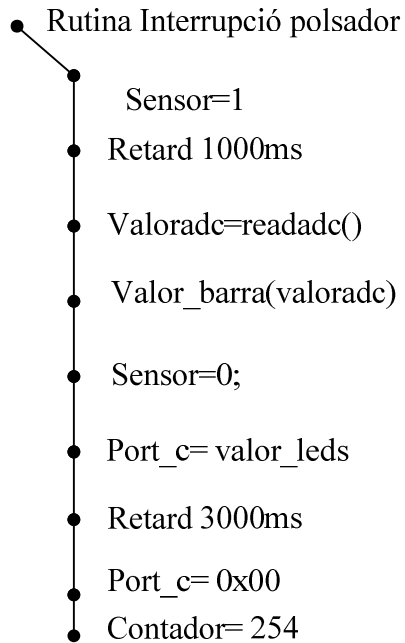
Dues rutines més són les d' activar/desactivar l'electrovàlvula, on s'activa un branca i es desactiva l'altra del pont amb H segons si es vol activar o desactivar, s'espera 500ms a fer l'impuls i, finalment, es desactiven les dues branques del pont i es modifiquen variables d'estat i test del sistema.



Una altra rutina a comentar és la de valor_barra, que s'utilitza per escalar el valor pres del sensor d'ultrasons per indicar el nivell del dipòsit mitjançant els leds.



L'última rutina a comentar és la d'interrupció externa produïda pel polsador, la funció d'aquesta és la de mostrar el nivell del dipòsit mitjançant els leds, forçar una comprovació d'estat i, passats 3 segons, tornar al funcionament normal del sistema.



5. IMPLEMENTACIÓ

5.1. Fabricació de la placa

A continuació es descriurà el procediment que s'ha dut a terme per fabricar la placa, una vegada finalitzat el disseny del circuit i el disseny de la PCB.

El primer pas, una vegada tenim el disseny final de la placa, és imprimir les pistes del circuit amb un paper vegetal com es mostra en la figura següent, això ens servirà per insolar la placa.

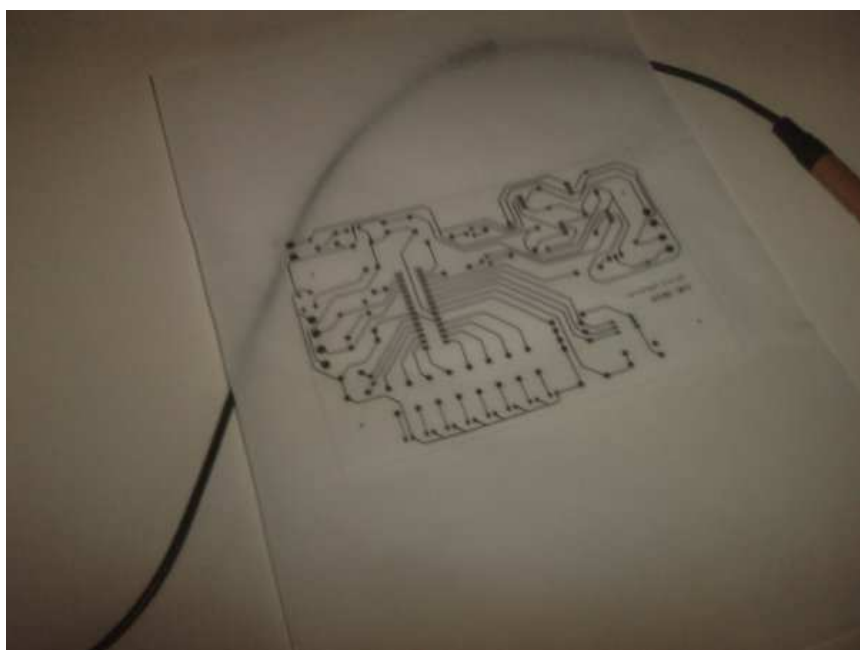


Figura 5.1.1. –Fotolit de les pistes que volem insolar

Una vegada tenim el fotolit a una escala 1:1 del nostre circuit hem d'insolar la nostra placa. En aquest cas s'ha utilitzat una placa d'una sola cara de 150x100mm positiva, formada per una superfície de fibra de vidre on hi ha una capa de coure en una de les cares i tota ella recoberta amb una capa protectora fotosensible a la llum ultraviolada.



Figura 5.1.2. – Insoladora

Per tal de gravar el nostre circuit a la placa es col·loca el paper amb el fotolit sobre la superfície de la insoladora i després, sobre el fotolit, la nostra placa que conté la pel·lícula fotosensible. A continuació es deixa exposada a la llum ultraviolada 3 minuts, de manera que tota la capa protectora queda afectada per la llum exceptuant la zona que queda tapada per les pistes dibuixades al fotolit.

Passats aquest minuts la placa es sotmet a un procés de revelat, posant-la en una cubeta que conté sosa càustica (NaOH), procés similar al d'un revelat fotogràfic que elimina la capa protectora que contenia la placa i s'havia vist exposada a la llum, deixant com a resultat la superfície de coure vista, exceptuant la part de les pistes.

Tot aquest procés s'ha realitzat en una habitació fosca amb llum vermella.

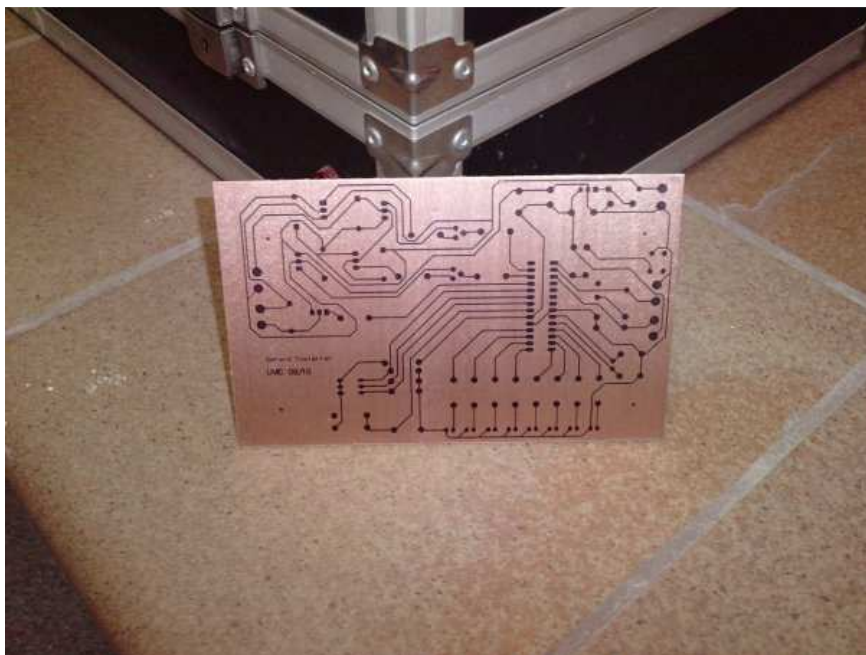


Figura 5.1.3. –Resultat de la placa després del procés de revelat

Una vegada tenim la placa revelada, es sotmet a un altre procés per tal d'eliminar el coure que queda vist mitjançant clorur fèrric



Figura 5.1.4. –Procés d'eliminació del coure

Finalment ja tenim la placa quasi finalitzada, en aquest punt només falta foradar els pads utilitzant una broca de 0.7mm per als petits i 1,2mm per als grans, i soldar els components.

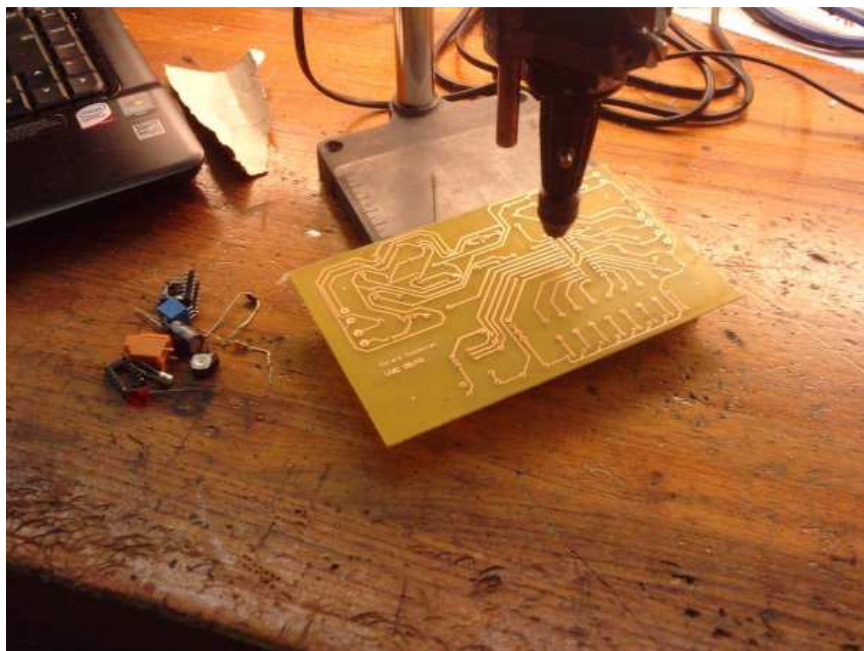


Figura 5.1.5. –*Procés de foradar els Pads*

Una vegada està tot completament soldat ja tenim la placa finalitzada i comprovem la continuïtat de tots els punts del circuit i el correcte funcionament de les diferents etapes i perifèrics.



Figura 5.1.6. –*Resultat final de la placa*

5.2. Muntatge de la instal·lació

Una vegada finalitzat el disseny i muntatge del circuit s'ha procedit a dimensionar i realitzar la instal·lació tan pel que fa a la connexió elèctrica dels diferents elements que formen part de la instal·lació com el circuit de distribució de l'aigua cap el dipòsit.

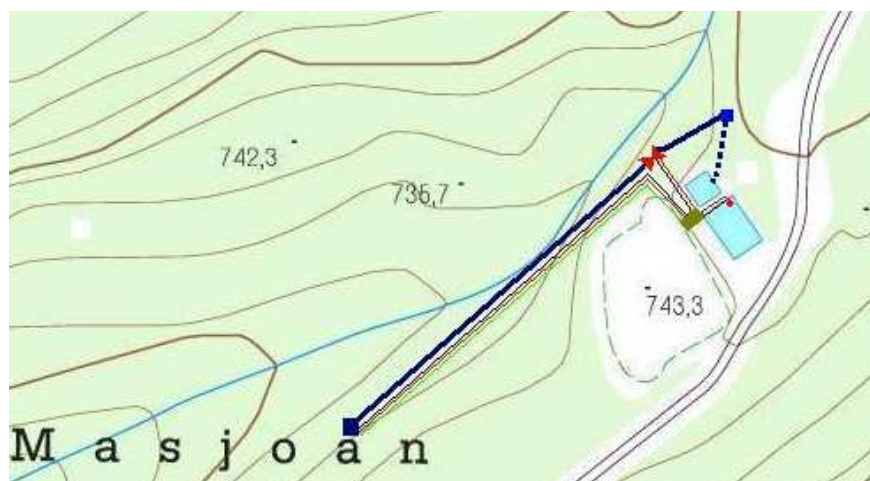


Figura 5.2.1. – Esquema de la instal·lació

5.2.1. Circuit de distribució d'aigua

Consisteix en una connexió des de la mina principal des d'on s'extreu l'aigua fins al dipòsit on s'emmagatzema pel consum de la casa. Aquesta connexió s'ha realitzat amb tub semirigid de 32mm per ús alimentari. A més del tub, la instal·lació també disposa d'altres elements com són filtres, elements per a la connexió i l'electrovàlvula.



Figura 5.2.2. – Filtres i elements per la connexió

El transport de l'aigua des de la mina fins al dipòsit es realitza de manera mecànica, on la pressió s'aconsegueix per la diferència entre l'alçada dels dos punts. La mina està situada a 745m mentre que el dipòsit a 735m.

Degut a que es tracta d'un mina d'aigua natural, que pot contenir impureses, a l'inici del circuit hi ha un filtre d'alumini per evitar succionar partícules grans i/o animals com poden ser granotes, entre d'altres.



Figura 5.2.3. – *Filtre d'alumini de l'inici del circuit*

30 metres més avall de l'inici del circuit hi ha un altre filtre que es troba a l'interior d'un portafiltres, la seva funció és filtrar sediments i micropartícules i aconseguir que a partir d'aquest punt fins a l'emmagatzement, l'aigua estigui completament neta i filtrada.



Figura 5.2.4. – *Filtre de sediments*

Aquest segon filtre està situat a 3-4 m sota el nivell de la mina, ja que necessita una pressió mínima pel seu funcionament, és de microfibras, rentable i serà necessari un manteniment mensual i la substitució anual.

A continuació del filtre hi ha l'electrovàlvula per controlar l'encesa/apagada del flux d'aigua, aquest s'ha situat a continuació del filtre ja que d'aquesta manera l'aigua que rep ja és neta i s'evita un possible mal funcionament per acumulació de residus a la vàlvula. Tot seguit tenim 140m de tub semirigid de 32mm per ús alimentari per acabar de conduir l'aigua fins el dipòsit.

5.2.2. Connexionat elèctric

Consisteix en el conjunt de conductors que enllacen els diferents sensors i actuadors amb el circuit principal del sistema.



Figura 5.2.5. – Esquema de la instal·lació

L'alimentació del sistema, com ja s'ha comentat anteriorment, prové d'un petit mòdul solar. Aquest estarà situat al lateral de la bassa, en un registre construït per a l'ocasió, de manera que a la part superior hi haurà fixada la placa fotovoltaica amb una inclinació de 35°, orientació sud. A l'interior del registre hi ha la instal·lació de l'alimentació (bateria, regulador i fusible) i el circuit de control amb les seves respectives connexions.

El circuit està encapsulat amb una caixa estanca de 170x135x85mm amb un grau de protecció IP68. Al circuit hi arriben 4 mànegues a través de 4 connectors premsa estopes. Les 4 mànegues són les següents: alimentació, sensor d'ultrasons, flotador de nivell, i l'electrovàlvula.

Pel que fa a l'alimentació s'han connectat els dos bornes d'entrada del circuit amb els dos bornes de la bateria amb un fusible de 3A per si es produís un mal funcionament del sistema. El cable utilitzat és un cable bipolar de 2.5mm amb una longitud inferior a 2m.

El sensor d'ultrasons és el dispositiu que trobem a més distancia del circuit de control, a una distancia de 150-200m. Tal com se sap de les característiques tècniques del sensor, aquest necessita una alimentació mínima de 10V DC amb un consum inferior als 60mA i la seva sortida és analògica amb un valor de 4-20mA. Per tant, és necessita una mànega tripolar on dos dels conductors s'utilitzaran per l'alimentació i l'altre per la sortida analògica.

Degut a la gran distancia hem de calcular la secció necessària per l'alimentació ja que amb aquesta distancia de cable es produirà una caiguda de tensió i hem d'assegurar que en el sensor arriba la tensió desitjada. A la sortida d'alimentació del sensor del circuit de control tenim una tensió de 11.5V i el consum del sensor prenem el valor de 80mA per sobredimensionar una mica el consum, per tant un consum de:

$$P = V \cdot I = 11.5 \times 80\text{mA} = 0.92\text{W}$$

Per tant, utilitzant la fórmula següent podem calcular la secció necessària pel conductor

$$S = \frac{P \cdot 2 \cdot L}{V \cdot U \cdot \rho}$$

On S és la secció en mm, la P és la potencia, la L la longitud, la V la tensió d'alimentació, la U la caiguda de potencial admissible i la ρ el coeficient del material, en aquest cas el coure és de 56.

D'aquesta manera, amb una distancia de 200m i admetent una caiguda de potencial de 0,5V per assegurar 11V a l'altre extrem de conductor.

$$S = \frac{P \cdot 2 \cdot L}{V \cdot U \cdot \rho} = \frac{0.92 \cdot 2 \cdot 200}{11.5 \cdot 0.5 \cdot 56} = 1,14\text{mm}$$

En la instal·lació s'ha optat per una mànega de 3x1,5mm apantallada, l'apantallament protegirà la senyal analògica de 4-20mA.

Una altra de les connexions que s'ha de portar a terme és la de l'electrovàlvula. Aquesta necessita una tensió mínima de 9V en els terminals per funcionar, amb un corrent de 2A quan s'envia l'impuls per activar/desactivar, i es troba situada a 30m del circuit.

En aquest cas tenint 11V a la sortida del circuit d'alimentació, permetent una caiguda de tensió de 1.5V.

$$S = \frac{P \cdot 2 \cdot L}{V \cdot U \cdot \rho} = \frac{22 \cdot 2 \cdot 30}{11 \cdot 1.5 \cdot 56} = 1,42\text{mm}$$

En la instal·lació s'ha optat per una mànega de 3x1,5mm apantallada, ja que s'aprofita la mànega sobrant de la instal·lació del sensor tot i que només s'utilitzen dos dels conductors.

Finalment, el flotador es connectarà directament utilitzant els dos metres de cable que porta de 3x1.5mm ja que està situat just al costat de l'encapsulat del circuit de control i s'utilitza com a interruptor, per tant pràcticament no hi circularà corrent.

Cal comentar que tots els conductors i mànegues elèctrics estaran passats per l'interior de tub corrugat de 20mm, amb registres per connexions cada 50m, a més del tub utilitzat per passar el cable s'instal·larà un altre tub per possibles ampliacions del sistema i tant la instal·lació del circuit d'aigua com l'elèctrica estarà soterrada en una rassa de 20 cm de profunditat.

6. PRESSUPOST I ANÀLISIS DE L' INVERSIÓ

6.1. Pressupost

A continuació es detalla el pressupost dels materials utilitzats en el muntatge de tota la instal·lació. Cal esmentar que es tracta únicament del cost del material del sistema i no s'inclouen les hores de muntatge ni els costos del disseny del projecte.

<i>Circuit de control</i>			
Concepte	Quantitat	Preu	Import
Placa fibra vidre positiva 100x160	1	4,23	4,23
Regleta 2 pins	5	0,51	2,55
Pulsador gran	1	0,25	0,25
Pulsador petit	1	0,22	0,22
Conmutador CI DIP BD-03	1	1,43	1,43
Potenciòmetre ajust vertical	1	0,2	0,2
Sòcol 28pins	1	0,14	0,14
Microcontrolador PIC16F876	1	12,26	12,26
Resistència 1/4W 220	9	0,02	0,18
Resistència 1/4W 1k	3	0,02	0,06
Resistència 1/4W 10K	4	0,02	0,08
Resistència 1/4W 4k7	2	0,02	0,04
Resistència 1/4W 470	1	0,02	0,02
Resistència 2W 100	2	0,07	0,14
Resistència 1/4W 0	1	0,02	0,02
Diode 1N4007	6	0,04	0,24
Condensador 100nF	3	0,08	0,24
Condensador 27pF	2	0,06	0,12
Condensador elect rad 25V 470mF	1	0,28	0,28
Transistor 2n2222	2	0,58	1,16
Transistor Tip31	2	0,31	0,62
Transistor tip32	2	0,42	0,84
Transistor tip111	1	0,6	0,6
LED 5mm Vermell	4	0,1	0,4
LED 5mm Groc	4	0,1	0,4
LED 5mm Verd	1	0,1	0,1
Circuit Integrat 7805	1	0,5	0,5
Cristall Quarz 32768	1	0,62	0,62
Broca cilíndrica 0,8mm	1	1,3	1,3
Broca cilíndrica 1,0mm	1	0,85	0,85
Broca cilíndrica 1,25mm	1	0,85	0,85
TOTAL			30,94

Taula 6.1.1. –Components utilitzats

En la taula anterior hi ha detallat el cost de tots els components i materials utilitzats en el procés de fabricació del circuit. El cost final d'un circuit amb tots els seus components és de 30,94€. El cost d'aquest circuit està bastant ajustat sobretot si tenim en compte que el microcontrolador és l'element més car del circuit, això és interessant ja que el circuit és l'element més sensible de tota la instal·lació i si és necessari substituir-lo passats uns anys no serà una càrrega econòmica important.

Pel que fa als sensors i actuadors del sistema, el cost és el següent:

<i>Sensors i actuadors</i>			
Concepte	Quantitat	Preu	Import
Sensor ultrasons UB4000-F12-I-V15	1	206,73	206,73
Cable sensor V15 5m cable ultrasons	1	12,6	12,6
Vàlvula amb solenoide latch 9V	1	46,54	46,54
Interruptor de nivell amb 2m cable	1	11,61	11,61
TOTAL			265,87

Taula 6.1.2. –Components utilitzats sensors i actuadors

El cost de la part de la instal·lació d'alimentació, cablejat i circuit d'aigua és el següent:

<i>Circuit d'aigua</i>			
Concepte	Quantitat	Preu	Import
Tub polietilè baixa densitat 6/32	200	0,66	132
Manguito polietilè 32	1	2,08	2,08
Enllaç rosca H polietilè 32x1	1	1,54	1,54
Enllaç rosca M polietilè 32x1	4	1,54	6,16
Portacartutx 3piezas	1	18,85	18,85
Cartutx rentable malla plàstic 9 3/4	1	12,47	12,47
Filtre metàl·lic	1	2,1	2,1
TOTAL			175,2

Taula 6.1.3. –Components utilitzats en el circuit d'aigua

<i>Alimentació</i>			
Concepte	Quantitat	Preu	Import
Placa solar 4,5W	1	69,75	69,75
Regulador	1	25,7	25,7
Bateria 7Ah	1	22,95	22,95
TOTAL			118,4

Taula 6.1.4. –Components utilitzats en l'alimentació

<i>Instal·lació</i>			
Concepte	Quantitat	Preu	Import
Manguera apantallada 3x1,5	200	0,6	120
Caixa tapa baixa opaca 170x105x82	1	17,06	17,06
Caixa tapa baixa opaca 170x135x85	1	17,94	17,94
Prensas gadi pg11 IP68 Poliamida gris	3	0,61	1,83
Prensas gadi pg9 IP68 Poliamida gris	3	0,59	1,77
Femella PG11 Poliamida Gris	3	0,14	0,42
Femella PG9 Poliamida Gris	3	0,14	0,42
Femella PG11 Poliamida Gris	3	0,14	0,42
Femella PG9 Poliamida Gris	3	0,14	0,42
Junta torica 14x2	3	0,47	1,41
Junta torica 17x2	3	0,37	1,11
ML tub corrugad reforzat M-20 neg	200	0,23	46
TOTAL			208,8

Taula 6.1.5. –Components utilitzats en la instal·lació

Finalment el cost total de tot el material utilitzat en tota la instal·lació és de 799,21€

<i>Cost total</i>			
Concepte	Quantitat	Preu	Import
Circuit de control	1	30,94	30,94
Circuit d'aigua	1	175,2	175,2
sensors i actuadors	1	265,87	265,87
Alimentació	1	118,4	118,4
Instal·lació	1	208,8	208,8
TOTAL			799,21

Taula 6.1.6. –Resum del cost dels materials

6.2. Anàlisi d'inversió

L'Objectiu principal d'aquets projecte és l'optimització de la derivació de l'aigua procedent d'una mina natural. Amb el sistema plantejat es vol estalviar electricitat i treball humà en aquesta tasca. A continuació s'analitzaran aquests aspectes per valorar la viabilitat econòmica del projecte.

Actualment a Masjoan, degut a l'existència del viver de plantes, es necessita una gran quantitat d'aigua per a l'activitat professional que oscil·la entre els 10.000 i 75.000 litres diaris segons el període de l'any. Aquesta aigua s'obté directament de la bassa de reg, exceptuant els 4 mesos més calorosos de l'any els altres mesos el flux d'aigua natural cap a la bassa és suficient per a les necessitats però, actualment, en els mesos més calorosos i degut a la desviació de l'aigua cap al dipòsit de la casa no hi ha excedent d'aigua i l'aigua necessària es puja mitjançant un motor de 7.500W amb capacitat per pujar 25.000 litres/h.

Apart del consum elèctric del sistema actual, és necessari comprovar manualment els nivells de la bassa i dipòsit amb la finalitat d'obrir o tancar una aixeta manual tal com faria l'electrovàlvula. Això suposa mitja hora de feina 1 cop a la setmana durant els períodes amb menys consum d'aigua i pràcticament a diari els mesos calorosos.

Per tant, l'anàlisi es plantejarà com un estalvi tant d'electricitat necessari per subministrar l'aigua com en salari, ja que el sistema funcionarà de forma autònoma i només serà necessari revisar els filtres i el funcionament del sistema un parell de vegades el mes.

Mesos	litres necessaris diaris	hbomba sense projecte	h bomba projecte	Consum mes KW s/project	Consum mes KW p	sou treballador s/p	sou h treballador p
Gener	10000	0	0	0 Kw	0 Kw	30,00 €	15,00 €
Febrer	10000	0	0	0 Kw	0 Kw	30,00 €	15,00 €
Març	10000	0	0	0 Kw	0 Kw	30,00 €	15,00 €
Abril	10000	0	0	0 Kw	0 Kw	30,00 €	15,00 €
Maig	25000	0	0	0 Kw	0 Kw	30,00 €	15,00 €
Juny	50000	2	1,6056	450 Kw	361 Kw	150,00 €	15,00 €
Juliol	75000	3	2,6056	675 Kw	586 Kw	150,00 €	15,00 €
Agost	75000	3	2,6056	675 Kw	586 Kw	150,00 €	15,00 €
Setembre	50000	1	0,8256	225 Kw	186 Kw	75,00 €	15,00 €
Octubre	25000	0	0	0 Kw	0 Kw	30,00 €	15,00 €
Novembre	10000	0	0	0 Kw	0 Kw	30,00 €	15,00 €
Desembre	10000	0	0	0 Kw	0 Kw	30,00 €	15,00 €

Taula 6.2.1. –Taula costos electricitat/sous

Per tant, per una banda tenim el consum d'electricitat del motor amb les característiques següents:

<i>Press-line VI21-6</i>	
Tipus	Asíncron
Potència	7500W
m^3/h	25 (segons corba de treball)

Taula 6.2.2. –Característiques motor

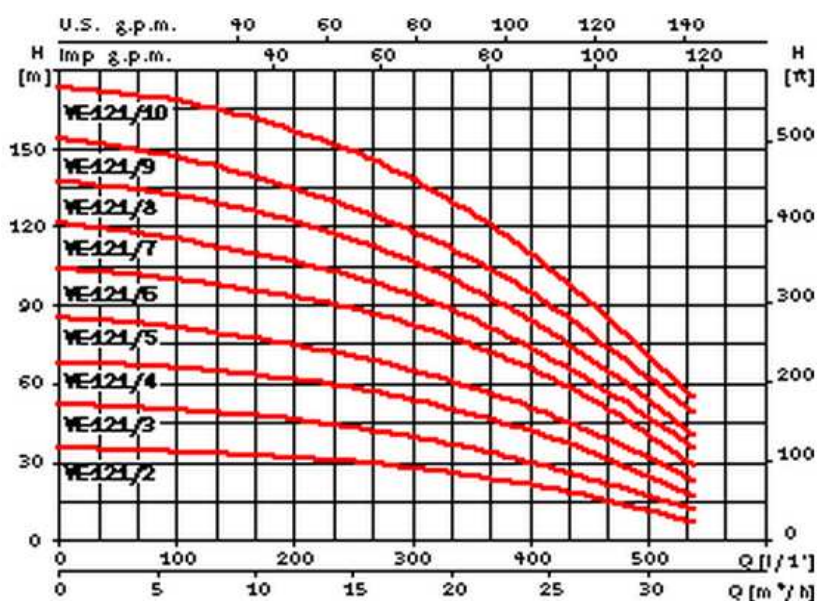


Figura 6.2.1. – Corba de capacitat de VI21-6

Segons aquest gràfic, tenint en compte que el desnivell entre el punt on hi ha situada la bomba i la bassa son uns 60-70m, té una capacitat per a subministrar 25000l/h.

Per l'altre banda tenim que, segons dades de INE, el consum mitjà d'aigua d'una persona a Espanya és de 160 litres diaris, per tant el consum diari de la família formada per 4 membres és de 640 litres al dia i, segons dades obtingudes empíricament, la mina té un cabdal de 30.000 litres diaris la majoria de mesos i la meitat a l'estiu.

<i>Mina de Masjoan</i>	
Litres/dia tardor/hivern/primavera	30.000
Litres/dia estiu	15.000
Excedent litres diaris t/h/p amb projecte	29.360
Excedent litres diaris estiu amb projecte	9.860
Excedent litres diaris t/h/p sense projecte	25.000
Excedent litres diaris estiu sense projecte	0
Consum mitja d'aigua diari (família 4 persones) 160 litres persona dia	640

Taula 6.2.3. –Litres de la mina de Masjoan

Tenint en compte les dades presentades anteriorment de consum i prenent un valor de 0.117€ el Kw s'ha calculat l'estalvi mensual. Cal tenir en compte que el projecte inclou una despesa addicional de 30€ anuals en concepte desubstitució dels filtres.

Mesos	cost electricitat sense projecte	cost electricitat amb projecte	cost sou sense projecte	cost sou amb projecte	Altres despeses amb projecte	Total sense projecte	Total amb projecte	Estalvi
Gener	0,00 €	0,00 €	30,00 €	15,00 €	0,00 €	30,00 €	15,00 €	15,00 €
Febrer	0,00 €	0,00 €	30,00 €	15,00 €	0,00 €	30,00 €	15,00 €	15,00 €
Març	0,00 €	0,00 €	30,00 €	15,00 €	0,00 €	30,00 €	15,00 €	15,00 €
Abril	0,00 €	0,00 €	30,00 €	15,00 €	0,00 €	30,00 €	15,00 €	15,00 €
Maig	0,00 €	0,00 €	30,00 €	15,00 €	0,00 €	30,00 €	15,00 €	15,00 €
Juny	52,65 €	42,27 €	150,00 €	15,00 €	0,00 €	202,65 €	57,27 €	145,38 €
Juliol	78,98 €	68,59 €	150,00 €	15,00 €	0,00 €	228,98 €	83,59 €	145,38 €
Agost	78,98 €	68,59 €	150,00 €	15,00 €	0,00 €	228,98 €	83,59 €	145,38 €
Setembre	26,33 €	21,73 €	75,00 €	15,00 €	0,00 €	101,33 €	36,73 €	64,59 €
Octubre	0,00 €	0,00 €	30,00 €	15,00 €	0,00 €	30,00 €	15,00 €	15,00 €
Novembre	0,00 €	0,00 €	30,00 €	15,00 €	0,00 €	30,00 €	15,00 €	15,00 €
Desembre	0,00 €	0,00 €	30,00 €	15,00 €	30,00 €	30,00 €	45,00 €	-15,00 €

Taula 6.2.4. –Taula estalvi econòmic mensual

Partint de les dades anteriors s'han analitzat els fluxos de caixa, s'ha plantejat de forma mensual ja que és a l'estiu quan realment es produeix un estalvi important. S'ha agafat com a inversió inicial un valor de 1.799,21€ pel cost de tot el material i 1.000€ en concepte de cost de muntatge/disseny. Finalment, s'ha capitalitzat i actualitzat els resultats de forma mensual utilitzant un valor d'inflació anual de 1%(0,083% mensual) i un cost del diner de 5% (0,4% mensual).

Els resultats obtinguts son els següents:

	Flux de caixa	Flux de caixa acumulat	Flux de caixa capitalitzat	Flux de caixa actualitzat	Flux de caixa actualitzat acumulat
inversió inicial	-1.799,21 €	-1.799,21 €	-1.799,21 €	-1.799,21 €	-1.799,21 €
2010 Gener	15,00 €	-1.784,21 €	15,01 €	14,95 €	-1.784,26 €
Febrer	15,00 €	-1.769,21 €	15,02 €	14,91 €	-1.769,35 €
Març	15,00 €	-1.754,21 €	15,04 €	14,86 €	-1.754,49 €
Abril	15,00 €	-1.739,21 €	15,05 €	14,81 €	-1.739,68 €
Maig	15,00 €	-1.724,21 €	15,06 €	14,76 €	-1.724,92 €
Juny	145,38 €	-1.578,83 €	146,11 €	142,65 €	-1.582,27 €
Juliol	145,38 €	-1.433,44 €	146,23 €	142,20 €	-1.440,07 €
Agost	145,38 €	-1.288,06 €	146,35 €	141,75 €	-1.298,32 €
Setembre	64,59 €	-1.223,47 €	65,08 €	62,78 €	-1.235,54 €
Octubre	15,00 €	-1.208,47 €	15,12 €	14,53 €	-1.221,01 €
Novembre	15,00 €	-1.193,47 €	15,14 €	14,49 €	-1.206,52 €
Desembre	-15,00 €	-1.208,47 €	-15,15 €	-14,44 €	-1.220,96 €
2011 Gener	15,00 €	-1.193,47 €	15,16 €	14,40 €	-1.206,56 €
Febrer	15,00 €	-1.178,47 €	15,18 €	14,35 €	-1.192,21 €
Març	15,00 €	-1.163,47 €	15,19 €	14,31 €	-1.177,91 €
Abril	15,00 €	-1.148,47 €	15,20 €	14,26 €	-1.163,65 €
Maig	15,00 €	-1.133,47 €	15,21 €	14,21 €	-1.149,43 €
Juny	145,38 €	-988,09 €	147,57 €	137,34 €	-1.012,10 €
Juliol	145,38 €	-842,71 €	147,69 €	136,90 €	-875,19 €
Agost	145,38 €	-697,32 €	147,82 €	136,47 €	-738,72 €
Setembre	64,59 €	-632,73 €	65,73 €	60,44 €	-678,28 €
Octubre	15,00 €	-617,73 €	15,28 €	13,99 €	-664,29 €
Novembre	15,00 €	-602,73 €	15,29 €	13,95 €	-650,34 €
Desembre	-15,00 €	-617,73 €	-15,30 €	-13,90 €	-664,24 €
2012 Gener	15,00 €	-602,73 €	15,31 €	13,86 €	-650,38 €
Febrer	15,00 €	-587,73 €	15,33 €	13,82 €	-636,57 €
Març	15,00 €	-572,73 €	15,34 €	13,77 €	-622,79 €
Abril	15,00 €	-557,73 €	15,35 €	13,73 €	-609,06 €
Maig	15,00 €	-542,73 €	15,37 €	13,69 €	-595,38 €
Juny	145,38 €	-397,35 €	149,05 €	132,22 €	-463,15 €
Juliol	145,38 €	-251,97 €	149,17 €	131,81 €	-331,35 €
Agost	145,38 €	-106,58 €	149,29 €	131,39 €	-199,96 €
Setembre	64,59 €	-41,99 €	66,38 €	58,19 €	-141,77 €
Octubre	15,00 €	-26,99 €	15,43 €	13,47 €	-128,30 €
Novembre	15,00 €	-11,99 €	15,44 €	13,43 €	-114,87 €
Desembre	-15,00 €	-26,99 €	-15,45 €	-13,39 €	-128,25 €
2013 Gener	15,00 €	-11,99 €	15,47 €	13,34 €	-114,91 €

	Febrer	15,00 €	3,01 €	15,48 €	13,30 €	-101,61 €
	Març	15,00 €	18,01 €	15,49 €	13,26 €	-88,35 €
	Abril	15,00 €	33,01 €	15,51 €	13,22 €	-75,13 €
	Maig	15,00 €	48,01 €	15,52 €	13,18 €	-61,96 €
	Juny	145,38 €	193,39 €	150,54 €	127,30 €	65,34 €
	Juliol	145,38 €	338,77 €	150,66 €	126,90 €	192,24 €
	Agost	145,38 €	484,15 €	150,79 €	126,50 €	318,74 €
	Setembre	64,59 €	548,75 €	67,05 €	56,02 €	374,76 €
	Octubre	15,00 €	563,75 €	15,58 €	12,97 €	387,73 €
	Novembre	15,00 €	578,75 €	15,60 €	12,93 €	400,66 €
	Desembre	-15,00 €	563,75 €	-15,61 €	-12,89 €	387,77 €
2015	Gener	15,00 €	578,75 €	15,62 €	12,85 €	400,62 €
	Febrer	15,00 €	593,75 €	15,64 €	12,81 €	413,43 €
	Març	15,00 €	608,75 €	15,65 €	12,77 €	426,19 €
	Abril	15,00 €	623,75 €	15,66 €	12,73 €	438,92 €
	Maig	15,00 €	638,75 €	15,67 €	12,69 €	451,60 €
	Juny	145,38 €	784,13 €	152,04 €	122,56 €	574,16 €
	Juliol	145,38 €	929,51 €	152,17 €	122,17 €	696,34 €
	Agost	145,38 €	1.074,89 €	152,30 €	121,79 €	818,12 €
	Setembre	64,59 €	1.139,48 €	67,72 €	53,94 €	872,06 €
	Octubre	15,00 €	1.154,48 €	15,74 €	12,49 €	884,55 €
	Novembre	15,00 €	1.169,48 €	15,75 €	12,45 €	896,99 €
	Desembre	-15,00 €	1.154,48 €	-15,77 €	-12,41 €	884,59 €

Taula 6.2.5. – Fluxos de caixa

Cal comentar que s'ha fixat una durada de la inversió de 5 anys, tot i que fàcilment podria ser superior, i en el pitjor dels casos substituint algun dels elements que pogués estar deteriorat (placa solar, sensor, bateria...) podríem prorrogar-ne la utilització.

Pel que fa als resultats, s'observa que passats 3 anys i mig es recupera la inversió inicial i passat el període de 5 anys s'ha estalviat 884,59€, que és una previsió de resultats molt bona on l'estalvi important es produeix en els salaris.

Si calculem el VAN obtenim que és de 0,49 €/€ invertit, un bon valor tenint en compte que els càlculs s'han realitzat pensant en un període de 5 anys i tenint en compte que és fàcilment prorrogable.

**7. RESULTATS I
CONCLUSIONS**

7.1. Resultats i conclusions

Fent referència als objectius plantejats en la introducció, que havien motivat el plantejament i desenvolupament d'aquest projecte final de carrera, podem afirmar que en línies generals aquests s'han assolit amb uns resultats satisfactoris.

L'objectiu principal era el disseny i posada en funcionament d'un sistema autònom per al control de la derivació de l'aigua. Aquest s'ha assolit ja que tot el projecte s'ha portat a la pràctica i actualment és un sistema funcional i estable.

Pel que fa al circuit electrònic segons els requeriments que s'havien plantejat per al circuit, es pot dir que:

- L'alimentació del sistema de forma autònoma s'ha assolit implementant un petit mòdul solar de 4W format per una placa solar, una bateria i un regulador que permet alimentar de forma autònoma el circuit imprès.
- El microcontrolador treballa en mode "LP" (low power) amb un cristall de 32K.
- S'ha aconseguit que el sistema es mantingui en repòs pràcticament 10 minuts (9 min 45 s). El microcontrolador no està en repòs "SLEEP" durant tot aquest període, sinó que s'ha utilitzat el "WDT" (watchdog timer) configurat amb el màxim *upscaler* per mantenir durant 2,3seg el microcontrolador en repòs i un comptador per tornar a aquest estat durant 255 cicles.
- S'han dissenyat les dues etapes que alimenten els sensors i actuadors de manera que aguantin corrents de 2A, tot i que el sistema no necessita aquest corrent de forma permanent. Seria necessari radiadors en els transistors de potència si s'utilitzés per alimentar càrregues diferents de les plantejades en el sistema.
- S'ha aconseguit que els elements de hardware extern es controlin des de la placa i s'alimentin només quan és necessari.

- La placa disposa d'un selector switch per poder seleccionar entre un mode de funcionament Automàtic/manual i poder seleccionar on es vol desviar l'aigua Dipòsit/Bassa i un sistema de visualització del nivell mitjançant leds.

Un altre aspecte a destacar és la viabilitat econòmica del projecte. Des del principi en cap moment era un objectiu que fos viable, però s'ha obtingut un resultat positiu en l'anàlisi.

7.2. Possibles millores del sistema

Durant la realització d'aquest projecte hi ha hagut alguns problemes en el procés de disseny que m'agradaria comentar:

Per una banda, un problema que es va detectar en el disseny inicial era la caiguda de tensió que es produïa en les pistes de les etapes de potencia, això era degut al corrent que hi havia de circular que, tot i funcionar correctament degut a la brevetat dels impulsos, en el disseny final les pistes que havien de suportar més corrent s'han eixamplat a 2mm de gruix.

Un altre aspecte que inicialment no s'havia tingut en compte era la secció dels cables, però en el moment de dissenyar la instal·lació es van recol·locar els elements de manera que els cables que havien de suportar més corrent fossin el més curts possibles i amb seccions més petites.

Per acabar, durant la posada en funcionament de tot el sistema s'han ajustat el software, sobretot el temps d'impuls de l'electrovàlvula que s'ha reduït.

A continuació es proposen diverses millores que es podrien dur a terme, per ampliar el sistema:

Una millora important que es podria dur a terme és la implementació d'un sistema de comunicació sense fils, que permetés controlar i conèixer l'estat del sistema des de la casa i fins i tot el control del motor.

Per últim, una possible millora seria la implementació d'un sistema auxiliar de distribució de l'aigua, ja que actualment en cas d'error s'ha de passar a un control manual.

Finalment cal dir que la valoració d'aquest projecte és molt positiva, ja que des d'un principi s'ha intentat incloure coneixements de diverses assignatures per reflectir el treball de tota la carrera, s'han assolit els objectius i m'ha servit per posar en pràctica molts coneixements i adquirir experiència en el disseny electrònic

BIBLIOGRAFIA

- LAGONIGRO Raymond, LÒPEZ Enric. *Programació en C*. Vic: Eumo Editorial, 1996.
- MAZDA F.F. *Power electronics handbook*. Editorial paraninfo S.A.

Adreces d'Internet:

- Disseny del hardware:

http://www.altium.com/	01/10/2009
http://www.media.mit.edu/physics/pedagogy/fab/pcb99/protel-print.html	01/10/2009
http://www.taringa.net/posts/downloads/1360913/Protel-Dxp-(Tutorial-de-Introduccion-+-Manual).html	10/10/2009
http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=Portada	07/10/2009
http://www.micropic.es/index.php?option=com_smf&Itemid=63&topic=898.0	07/10/2009
http://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador_PIC	07/10/2009
http://www.pagines.fib.upc.es/~sdmi/pdfs/ManualPicLab.pdf	21/10/2009
http://picmania.garcia-cuervo.net/electronica_basica.php#TRANS1Q1EJ	11/11/2009
http://picmania.garcia-cuervo.net/proyectos_aux_reles.php	11/11/2009
http://picmania.garcia-cuervo.net/proyectos_aux_opto.php	11/11/2009
http://es.wikipedia.org/wiki/Fuente_de_alimentaci%C3%B3n	15/11/2009
http://farm2.static.flickr.com/1145/1362504727_c06541ede7.jpg?v=0	03/12/2009
http://2.bp.blogspot.com/_cg7SpBv9sAw/Sfilfvlxv3I/AAAAAAAAALk/IZItIROBBI4/s1600-h/Puente+H+PNP.bmp	03/12/2009
http://www.ikalogic.com/H_bridge_old.php	04/12/2009
http://www.mcmanis.com/chuck/robotics/tutorial/h-bridge/index.html	04/12/2009

- Programació PIC i software

http://www.microchip.com/	18/11/2009
http://www.jvmbots.com/viewtopic.php?t=18	19/11/2009
http://foro.elhacker.net/electronica/introduccion_a_la_programacion_de_pics_en_lenguaje_c_ccs-t174021.0.html	18/11/2009
http://www.ccsinfo.com/	18/11/2009

- Components i Materials

http://www.datasheetcatalog.com/	-
http://www.alldatasheet.com	-
http://es.farnell.com/	-
http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010239	11/11/2009
http://www.am.pepperl-fuchs.com/products/product.jsp?product_id=23919	13/11/2009
http://www.rainbird.es/19-6325-Fiche-produit.php?id_produits=19	25/11/2009
http://www.am.pepperl-fuchs.com/pdf/documents/134003_eng.pdf	25/11/2009

- Solar i instal·lació

http://www.absoluterprotecsol.com/trayectoria-solar.htm	01/03/2010
http://www.solarpedia.es/index.php/Portada	01/03/2010
http://www.torres-refrigeracion.com/pdf/art_fot_014.pdf	03/03/2010
http://www.fadisel.es/M_FADISOL.aspx	05/03/2010
http://www.electan.com/catalog/panel-solar-12v50ma-175x159x17-p-2597.html	05/03/2010
http://www.fadisel.es/solar-fadisol/bateria-solar_P_444.aspx	05/03/2010
http://www.fadisel.es/solar-fadisol/reguladores-solares_P_366.aspx	05/03/2010
http://es.wikipedia.org/wiki/Cálculo_de_secciones_de_líneas_eléctricas	21/04/2010
http://www.ffii.nova.es/puntoinfomcyt/Archivos/rbt/guias/guia_bt_anexo_2_sep03R1.pdf	21/04/2010
http://www.construmatica.com/bedec/	22/04/2010

Manuais i Documentació:

CCS Compiler Manual

Mplab_manual

ANNEX

Manual d'usuari

Característiques del Circuit:

<i>Característiques</i>	
Alimentació	12VCC
<i>Entrades</i>	
Entrada sensor corrent	4-20mA
Entrada flotador de nivell	
<i>Sortides</i>	
Sortida electrovàlvula	Max + - 9V /2A
Sortida sensor	Max 11V/ 2A

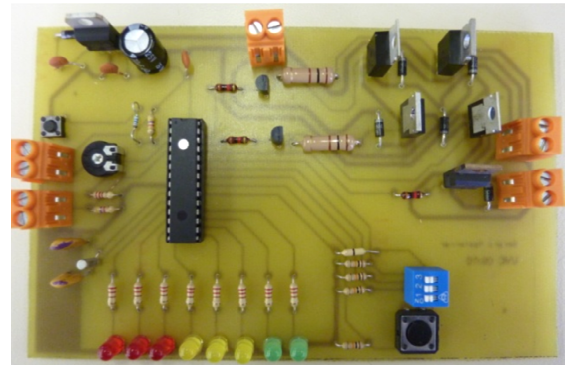


Figura 9.1.1. –Circuit de control

Connexió dels elements



Alimentació: L'alimentació de la placa s'ha de connectar al connector BAT situat a la part central de la placa, respectant la polaritat indicada en la figura 9.1.2.

Figura 9.1.2. –Connector d'alimentació

Electrovàlvula latch : El solenoide de la vàlvula s'ha de connectar al connector S2 situat a la dreta de la placa, respectant la polaritat indicada en la figura 9.1.3.

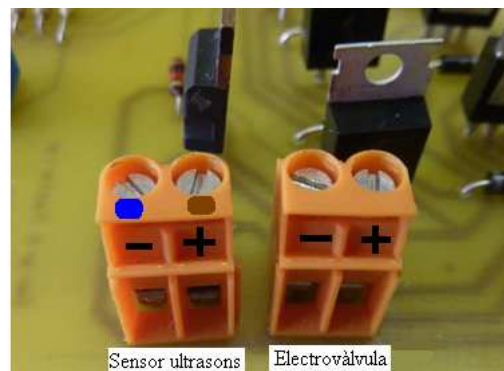


Figura 9.1.3. –Connectors electrovàlvula i sensor

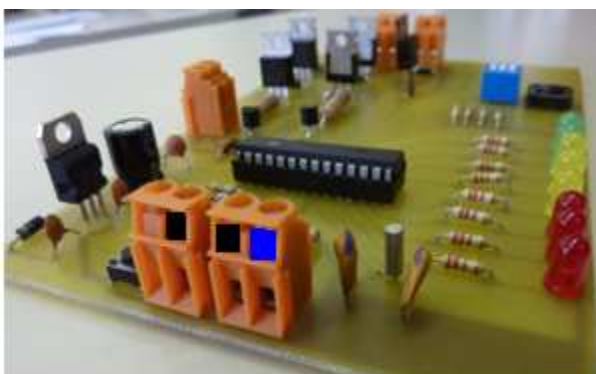


Figura 9.1.4. –Connectors electrovàlvula i interruptor

Interruptor de nivell : El flotador que s'utilitza com a interruptor de nivell s'ha de connectar al connector E2 situat a la esquerra de la placa, el connector de la part inferior. Només es connectaran els cables blau i negre segons indica la figura 9.1.4, d'aquesta manera l'interruptor treballarà amb un estat de NC.

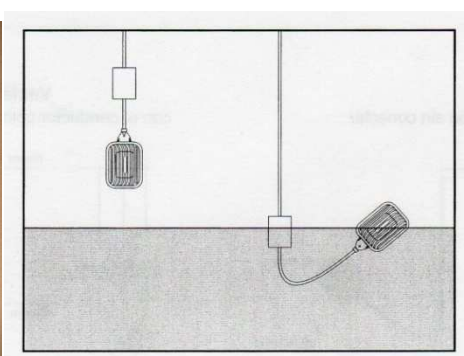


Figura 9.1.5. –Interruptor flotador de nivell

El flotador es fixarà utilitzant el contrapès de manera que quedi penjant quan la bassa no estigui completament plena i flotant quan ho estigui.

Sensor d'ultrasons:

Connexions: En el sensor d'ultrasons hi ha dues connexions a realitzar, per una banda s'ha de connectar l'alimentació al connector S1 situat a la dreta de la placa, respectant la polaritat i els colors dels cables indicada en la figura 9.1.3 i per altra banda la sortida de senyal de 4-20mA s'ha de connectar a l'entrada E1 situada a la part esquerra de la placa. El cable que porta el senyal analògic és el negre, i s'ha de connectar segons indica la figura 9.1.4.

Configuració dels límits del sensor:



Per configurar els límits de detecció del sensor primer de tot s'ha de connectar segons les indicacions anteriors i alimentar el circuit principal del sistema.

Per delimitar el marge s'ha de posar el sistema en mode TEST/CONFIG (selector 3 activat), en aquest mode el sensor està alimentat permanentment i els leds van

Figura 9.1.6. –Sensor d'ultrasons mostrant la distància mesurada pel sensor.

Per fixar el límit de detecció inferior s'ha de mantenir pressionat el botó A1 situat a un dels laterals del sensor fins que l'indicador lluminós faci pampallugues. Una vegada està en aquest estat s'ha de situar l'objecte a detectar a la posició mínima i pressionar una sola vegada el botó A1.

Una vegada configurat el límit inferior del sensor s'ha de repetir exactament el mateix procediment per fixar el límit de detecció màxim utilitzant el botó A2.

La configuració del sensor només es pot dur a terme durant els 5 primers minuts després de posar el sistema en mode TEST/CONFIG.

Per comprovar que el sensor ha estat configurat correctament, situant algun objecte entre els dos límits ens tindria d'indicar mitjançant els leds de la placa la distància d'aquest.

Ajust del potenciòmetre:

Pel correcte funcionament del sistema, l'entrada de 4-20mA del sensor s'ha de convertir a una tensió de 1-5V, això es fa mitjançant una resistència de 250 Ω formada per una resistència de 220 Ω més un potenciòmetre ajustable.



Figura 9.1.7. Potenciòmetre 100 Ω

Una vegada configurats els límits del sensor mitjançant aquest potenciómetre es pot ajustar la resistència de manera més precisa per a aconseguir la tensió de 1V quan el nivell és màxim i 5V quan aquest és mínim.

Modes de funcionament:

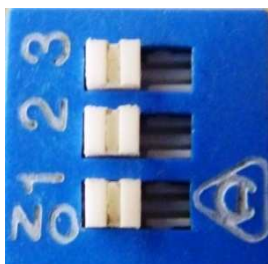


Figura 9.1.8. Selector

Selector	Funció
1	Selecció mode Automàtic 1 / Manual 0
2	Selecció Bassa 1 / Dipòsit 0
3	Mode TEST Activar 1 / Desactivar 0

Taula 9.1.1. –Funcions del selector

El primer selector serveix per seleccionar si es vol desviar l'aigua de forma Automàtica o Manual. La configuració automàtica procurarà que el dipòsit estigui ple, una vegada sigui així desviarà l'aigua cap a la bassa i en cas de que tant el dipòsit com la bassa estigui a màxima capacitat desviarà l'aigua cap a la Bassa/Dipòsit, segons estigui seleccionat en el selector nº 2, per tal que l'aigua vagi cap al sobreeixidor desitjat.

En Mode manual el sistema no comprovarà cap nivell, simplement activarà o desactivarà l'electrovàlvula per desviar l'aigua segons el que indiqui el selector nº2.

Finalment, el tercer selector desactiva el funcionament normal del sistema i aquest passa a estar en mode TEST/CONFIG, on el sensor és alimentat de forma permanent per poder configurar-lo i realitzar altres proves.

Polsadors:

En el circuit s'hi troben dos polsadors:

El polsador de mida més gran situat a la part inferior dreta de la placa si el pressionem despertarà el sistema, alimentarà el sensor durant 5 segons, forçarà una comprovació i ens mostrarà, mitjançant els leds, el nivell del dipòsit.

El polsador de la part superior esquerra és el de RESET i la seva funció és la de reinicialitzar el sistema.

Codi del programa

```
#include <16F876.h>
#define adc=8
#define delay(clock=32687, RESTART_WDT)
#define fuses LP,NOPROTECT,WDT
#define port_b=6
#define port_c=7

#define sensor 52
#define actuador1 53
#define actuador2 54

#define flotador1 41
#define flotador2 44

#define ON_OFF 49
#define selector 50
#define selector_test 51

unsigned long int valoradc;
unsigned long int limit_nivell;
unsigned long int nivell_max;
unsigned long int valor_leds;
unsigned long int n;
int contador=0;
int aiguaberta=0;

void valor_barra(unsigned long int n) {

    (if ( (n>=0x00) & (n<=0x3C))
        valor_leds=0xFF;
    else if ( (n>0x3C) & (n<=0x58))
        valor_leds=0x7f;
    else if ( (n>0x58) & (n<=0x74))
        valor_leds=0x3f;
    else if ( (n>0x74) & (n<=0x90))
        valor_leds=0x1f;
    else if ( (n>0x90) & (n<=0xac))
        valor_leds=0x0f;
    else if ( (n>0xac) & (n<=0xc8))
        valor_leds=0x07;
    else if ( (n>0xc8) & (n<=0xe4))
        valor_leds=0x03;
    else if ( (n>0xe4) & (n<=0xfa))
        valor_leds=0x01;
    else if ( (n>0xfa) & (n<=0xff))
        valor_leds=0x00;

    else
        valor_leds=0xAA;//10101010 codi d'error
    })
```

```
void inicialitzar (void){
port_b=0;
port_c=0;
limit_nivell= 0x3c;
nivell_max=0x10;
output_low(actuador1);
output_low(actuador2);
setup_wdt(WDT_2304MS);
setup_adc_ports(RAO_ANALOG);
setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
set_adc_channel(0);
set_tris_c(0x00); // tot el port C com a sortida
set_tris_b(0x0f); //RB0-RB3 entrades, RB4-RB7 sortides
enable_interrupts(INT_EXT); //habilita int. externa
enable_interrupts(GLOBAL); // habilita int global
}

void activar (void){
output_low(actuador2);
output_high(actuador1);
delay_ms(500);
output_low(actuador1);
aiguaoberta=1;
output_high(pin_b7); }

void desactivar (void){
output_low(actuador1);
output_high(actuador2);
delay_ms(500);
output_low(actuador2);
aiguaoberta=0;
output_low(pin_b7); }

void llegirsensor(void){
output_low(actuador1);
output_low(actuador2);
output_high(sensor);
delay_ms(5000);
valoradc=read_adc();
output_low(sensor); }

#INT_EXT
Ext_Int_Handler()
{
output_high(sensor);
delay_ms(5000);
valoradc=read_adc();

valor_barra(valoradc);
output_low(sensor);

port_c= valor_leds;
contador=254;
delay_ms(3000);
port_c=0x00;}
```

```

main() {
inicialitzar();

while(1){
contador ++;
if(contador>254) // Contador 1 minut despertant WDT cada 2.3segons
{
llegirsensor();
valor_barra(valoradc);

//AUTOMÀTIC
if(input(ON_OFF)){ // Mode funcionament automàtic

if((valoradc>=limit_nivell) & (aiguaoberta==0)){ //El dipòsit no esta ple i
activar(); //s'ha d'omplir

else if((valoradc<=nivell_max) & (aiguaoberta==1)){

if(input(flotador1)){ //Sempre que no estigui la bassa plena
desactivar(); //tancarà l'aigua
else if(input(selector)){ // Si el dipòsit i la bassa estan plens i
desactivar(); // es vol desviar l'aigua cap a la bassa
// es desactiva l'aigua

else if((valoradc>=0xe4)){ //Si el dipòsit es buida fins a un punt extrem,
activar(); //s'activarà sempr
}

}
}
//MANUAL
else{ if (input(selector)){ //Mode selecció manual seleccionat bassa
if (aiguaoberta==1){
desactivar();}
else{ //Mode selecció manual seleccionat dipòsit
if (aiguaoberta==0){
activar();}
}
}
contador=0;
}

else while (input(selector_test)){ // Mode TEST/CONFIG

output_low(actuador1);
output_low(actuador2);
output_high(sensor);
valoradc=read_adc();
valor_barra(valoradc);
port_c= valor_leds;
}

port_c= 0x00;
output_low(sensor);
sleep(); // A dormir
}
}
}

```

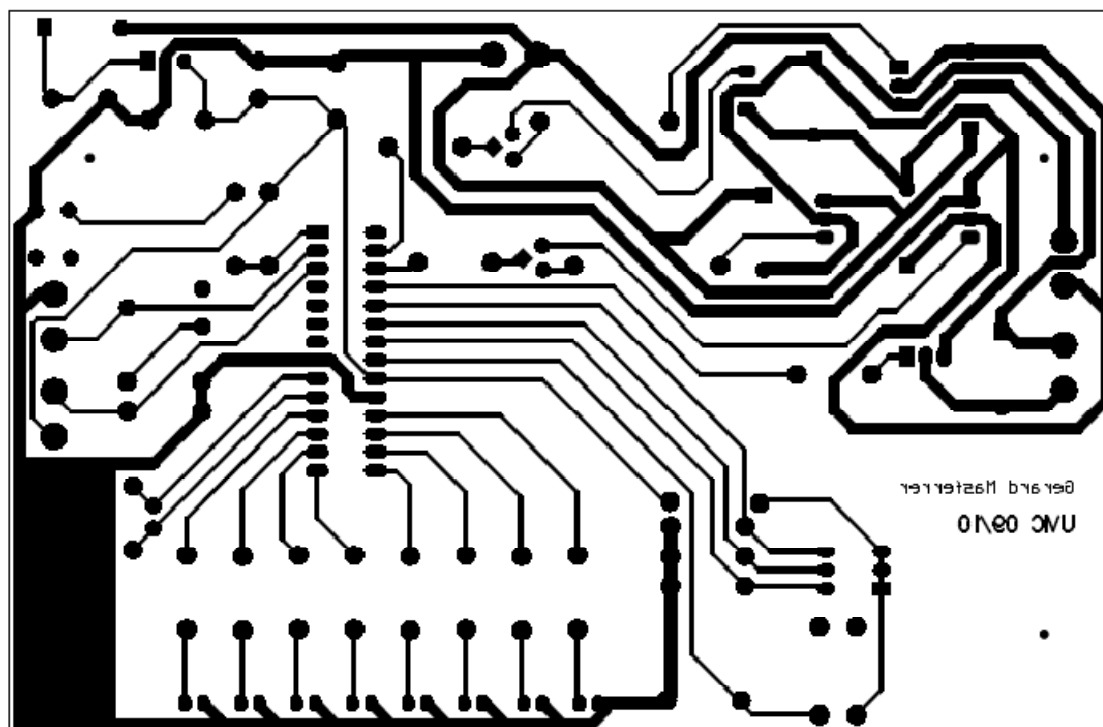



Figura 9.1.10. Fotolit de les pistes

