

ÍNDEX VOLUM I

OBJECTIUS	4
OBJETIVOS	5
OBJECTIVES	6
MEMÒRIA TÈCNICA	8
ÍNDEX MEMÒRIA TÈCNICA	9
CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ	12
1.1. Antecedents	12
1.2. Control climàtic en hivernacles	16
CAPÍTOL 2: DESCRIPCIÓ GENERAL	20
CAPÍTOL 3: HARDWARE	22
3.1. Sistema d'alimentació	23
3.2. Electrònica d'adquisició	26
3.3. Electrònica de condicionament	32
3.4. Electrònica de control	41
CAPÍTOL 4: SOFTWARE	66
4.1. Descripció general.....	66
4.2. Compilador CCS C.....	67
4.3. Inicialització	67
4.4. Rutina del password	69
4.5. Rutina del menú automàtic.....	71
4.6. Rutina del control de la temperatura	73
4.7. Rutina del control de la lluminositat	76

4.8. Rutina del control de la humitat.....	77
4.9. Rutina general.....	78
4.10. Rutina del menú manual	79
4.11. Rutina d'activació de sortida manual	81
4.12. Rutina d'activació de la malla	82
ANNEX *	84
MEMÒRIA ECONÒMICA	86
ÍNDIX MEMÒRIA ECONÒMICA	87
CAPÍTOL 1: COST DEL PROTOTIP	89
CAPÍTOL 2: COSTOS D'EQUIPAMENT	91
CAPÍTOL 3: COSTOS D'ENGINYERIA	92
CAPÍTOL 4: COST TOTAL DEL PROJECTE	94
CAPÍTOL 5: ANÀLISI D'UNA PRODUCCIÓ EN SÈRIE	95
CONCLUSIONS	98
BIBLIOGRAFIA	100

* *Lliurat en format electrònic*

OBJECTIUS

En aquest Projecte Final de Carrera, l'objectiu principal és realitzar el control d'un sistema fent servir un microcontrolador, és per això, que es opta per la realització del control del clima en un lloc tancat (hivernacle).

Un cop establert l'objectiu principal, es varen marcar una sèrie d'objectius que s'han intentat assolir durant el procés de realització del mateix:

- Posar en pràctica els coneixements adquirits al llarg de la carrera universitària.
- Portar a terme una idea que neix des de l'estudi inicial fins la realització d'un disseny exclusivament propi, i que finalitza amb la satisfacció d'haver assolit els objectius previstos i els requisits necessaris.
- Analitzar problemes complexos sorgits dins del treball per, a continuació, solucionar-los de la manera més tècnica possible.
- Aprofundir en la programació de Microcontroladors i en el disseny de circuits, així com tenir present la gran quantitat de factors que influeixen en un projecte d'enginyeria.
- Donar una solució tècnica i comercial al control automàtic de cultius dins d'un hivernacle i aconseguir realitzar un projecte que pugui ser posteriorment comercialitzat amb èxit.

Cal tenir present que la causa de l'elecció d'aquest projecte d'investigació i desenvolupament no va ser només la relació del tema amb l'electrònica i la informàtica, sinó que també va tenir un pes decisiu l'enfocament cap a una disciplina concreta com l'automatització de processos.

D'ara endavant i per el que resta de documentació, s'exposarà de la forma més clara possible les diferents parts que engloben el projecte, i que serviran per definir i donar entendre tot el treball realitzat.

OBJETIVOS

En este Proyecto de final de carrera, el objetivo principal es el de realizar el control de un sistema utilizando un microcontrolador, es por eso, que se optó por la realización del control de clima de un invernadero

Una vez establecido el objetivo principal, nos hemos marcado una serie de objetivos que intentaran alcanzar el proceso de realización del mismo:

- Poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria.
- Llevar a cabo una idea que nace desde el estudio inicial, hasta la realización de un diseño exclusivamente propio, i que finaliza con la satisfacción de alcanzar los objetivos previstos i los requisitos necesarios.
- Analizar los problemas complejos surgidos dentro del trabajo por, a continuación, solucionarlos de la manera más técnica posible.
- Profundizar en la programación de Micro controladores y en el diseño de circuitos, así como tener presente la gran cantidad de factores que influyen en un proyecto e ingeniería.
- Dar una solución comercial al control automático de cultivos dentro de un invernadero y conseguir realizar un proyecto que suba ser posteriormente comercializado con éxito.

Hace falta tener presente que la causa de la elección de este proyecto de investigación y desarrollo no fue sólo la relación del tema con la electrónica y la informática, sino que también tuvo un peso decisivo el campo de la electricidad, más específicamente el hecho de enfocarlo a la automatización de procesos.

De ahora en adelante y en lo que queda de documentación, se expondrán de la forma más clara posible las diferentes partes que engloban el proyecto y que servirán para definir y dar a entender todo el trabajo realizado

OBJECTIVES

This project consists of building a micro-controller based system. Its mission will be monitoring the performance of a greenhouse.

This project can also be divided into a series of secondary goals:

- Putting into practice some of the skills learnt as a part of Electronic Engineering studies.
- Developing a project through all its different stages. From initial concept and requirements gathering, through its design and implementation processes to its final deployment and delivery.
- Analysing and finding the best technical approach to solve all the issues and technical difficulties as they appear.
- Getting a deeper insight on micro-controller programming and circuitry design and some of the complex factors related with them.
- Developing a solution for a crop production system within a greenhouse as a real project ready to be marketed.

This R&D project was chosen not only because of its relation with electronics and computing but also because its strong relation with process automation discipline.

From this brief introduction onwards, the mission of this document is to explain what this project consists of. It 's clear explanations should also help the reader to understand how it was developed.

MEMÒRIA TÈCNICA

ÍNDIX MEMÒRIA TÈCNICA

CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ	12
1.1. Antecedents.....	12
1.1.1. Cultius en hivernacles.....	13
1.1.2. Cultius a l'aire lliure	14
1.1.3. Cultius hidropònics.....	15
1.2. Control climàtic en hivernacles.....	16
1.2.1. Paràmetres a considerar en el control climàtic	16
CAPÍTOL 2: DESCRIPCIÓ GENERAL	20
CAPÍTOL 3: HARDWARE.....	22
3.1. Sistema d'alimentació	23
3.1.1. Transformador	24
3.1.2. Rectificador	24
3.1.3. Estabilitzador	25
3.2. Electrònica d'adquisició.....	26
3.2.1. Temperatura : Sensor de Temperatura: LM35	26
3.2.2. Humitat: Sensor de Humitat: HIH-4000	28
3.2.3. Lluminositat: fotodiode BPW34	29
3.2.4. Diòxid de carboni: TGS 4161	31
3.3. Electrònica de condicionament	32
3.3.1. Temperatura interna	33
3.3.2. Temperatura externa	36
3.3.3. Humitat	38
3.3.4. Lluminositat.....	39
3.3.5. Nivell de CO ₂	40
3.4. Electrònica de control.....	41
3.4.1. El Microcontrolador	41
3.4.2. PIC16F877	42
3.4.3. Ports d'entrada i sortida.....	45
3.4.4. Convertidor Analògic/Digital ADC	49
3.4.5. Interrupcions	54
3.4.6. Interfície	58
3.4.7. Visualitzador	59
3.4.8. Etapa de potència	61
CAPÍTOL 4: SOFTWARE.....	66
4.1. Descripció general.....	66
4.2. Compilador CCS C.....	67

4.3. Inicialització	67
4.4. Rutina del password.....	69
4.5. Rutina del menú automàtic.....	71
4.6. Rutina del control de la temperatura	73
4.6.1. Temperatura externa menor que temperatura interna.....	74
4.6.2. Temperatura externa menor que temperatura interna.....	75
4.7. Rutina del control de la lluminositat	76
4.8. Rutina del control de la humitat.....	77
4.9. Rutina general	78
4.10. Rutina del menú manual.....	79
4.11. Rutina d'activació de sortida manual	81
4.12. Rutina d'activació de la malla	82
ANNEX*	84

* *Lliurat en format electrònic*

CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

En els darrers anys, es veu com l'agricultura especialitzada guanya més pes enfront de la tradicional. Aquesta tendència a favor dels cultius específics i sostenibles es basa en els diversos avantatges que els fan més rendibles i competitius, com ara un control més concret en tots els àmbits i la possibilitat d'obtenir una gran varietat de productes durant tot l'any, amb independència de l'estació que hi hagi en un determinat moment. Això permet allargar el cicle de cultiu i produir durant les èpoques més difícils climàticament, obtenint d'aquesta manera millors preus per a l'agricultor.

Aquesta possibilitat de produir durant tot l'any fa que s'incrementi l'àrea de negoci i possibilita al propietari d'invertir tecnològicament en la seva explotació tot millorant-ne l'estructura de producció, els sistemes de reg localitzat, els sistemes de gestió del clima, etc. En definitiva, una suma de nous factors que es reflecteixen posteriorment en una millora del rendiment i en la qualitat del producte final. Gràcies a això, l'agricultor pot exportar a altres mercats on aquell producte tingui més demanda en funció dels seus interessos.

Per definir els paràmetres més importants a automatitzar, cal estudiar prèviament els diferents tipus de cultius i quins són tots els diferents punts a favor i en contra. Aquest punt, ha estat la base de la qual es parteix.

1.1.1. Cultius en hivernacles

Els cultius en hivernacles són els que es troben dins d'estructures cobertes (Vidre o plàstic) que els protegeixen de les condicions meteorològiques adverses. De la mateixa manera que els cultius a l'aire lliure, els cultius en hivernacles tant poden ser de sòl com hidropònics.

Els cultius dins d'hivernacles aprofiten l'efecte produït per la radiació solar que, en travessar un vidre o un altre material, escalfa els objectes que hi hagi dins; aquests, al seu torn, emeten radiació infraroja, amb una longitud d'ona major que la solar, per la qual cosa no poden travessar els vidres al seu retorn quedant atrapats i produint l'escalfament.

Les emissions del sol cap a la terra són d'ona curta mentre que les de la terra cap a l'exterior són d'ona llarga. La radiació visible pot travessar el vidre mentre que una part de la infraroja no ho pot fer.

Els cultius en hivernacles presenten grans avantatges respecte als cultius al aire lliure, ja que aquests no depenen de les condicions climatològiques naturals.

Aquests són:

- Cultivar productes fora de temporada.
- Les plantes no es veuen afectades per les males condicions meteorològiques.
- El creixement dels fruits és de manera uniforme
- El rendiment del cultiu és més alt.

Tot i que com es veu, el cultiu en hivernacles presenta molts avantatges respecte al cultiu al aire lliure, aquest també té inconvenients.

El principal inconvenient d'aquest cultiu és la gran inversió inicial que es requereix per l'estructura i cobertura de l'hivernacle i pels aparells reguladors de clima.

S'ha de tenir en compte l'energia que es produeix al utilitzar aquests aparells (ventiladors, calefaccions, difusors,...), fa que les despeses siguin més altes que en el del cultiu al aire lliure.

Per últim, en aquest tipus de conreu, l'agricultor ha de tindre un gran coneixement, ja que ha de regular el clima de l'hivernacle per aconseguir condicions climatològiques ideals pel cultiu.



figura 1. *Cultiu en hivernacle*

1.1.2. Cultius a l'aire lliure

Els cultius a l'aire lliure, són aquells que estan exposats a les condicions climatològiques naturals. Aquests cultius tant poden ser al sòl com hidropònics.

El principal avantatge dels cultius al aire lliure és que per la seva producció no cal d'una gran inversió inicial. Això fa que cultivar productes en aquestes condicions sigui molt més econòmic.

Tot i que aquest tipus de cultiu presenta un estalvi econòmic, cal mencionar que també comporta inconvenients. El fet d'estar exposats a les condicions climatològiques naturals de l'àrea on estigui ubicat, com a, temperatures extremes, nevades, vents forts, granissades o pluges, determini el nivell de producció.

Això no només fa que les plantes pateixin, sinó que també produeix que els fruits creixin de manera no uniforme, i limita a cultivar només productes de temporada.



figura 2. *Cultiu exterior a l'aire lliure*

1.1.3. Cultius hidropònics

Els cultius hidropònics són els anomenats sense sòl, no deixen de ser una alternativa a la agricultura tradicional. El seu principal objectiu és eliminar o disminuir els factors del creixement dels vegetals associats a les característiques del sòl, i intercanviar-ho per altres suports de cultiu aplicant tècniques de fertilització alternatives.

Aquest tipus de cultiu ofereix un alt creixement de la planta en comparació al seu entorn natural, aconseguint retallar un elevat tant per cent de temps en el seu cicle.

Existeix un gran nombre de materials que poden ser utilitzats com a mitjà de cultiu hidropònic, aquests poden ser orgànics o inorgànics.

Hi ha dos tipus de cultius hidropònics, els que estan al aire lliure i els que es troben en hivernacles. Tots dos requereixen d'un control rigorós en el subministrament d'aigua i nutrients ja que aquests han d'anar circulant de manera quasi continua però vigilant no saturar d'humitat el substrat.

Un percentatge de l'aigua aplicada, és drenada del substrat per eliminar l'excés de sals que s'hi puguin acumular.

Aquest fet fa que calgui controlar i actuar de manera automàtica i eficient aquesta tasca. Això presenta un inconvenient elevat ja que degut a les característiques de l'ambient és difícil censar tots els paràmetres a controlar.



figura 3. Exemple de cultiu hidropònic

1.2. Control climàtic en hivernacles

1.2.1. Paràmetres a considerar en el control climàtic

Per el control climàtic d'un hivernacle s'ha de tenir en compte els desenvolupament dels cultius, en les seves diferents etapes de creixement.

Aquestes etapes estan condicionades per quatre factors ambientals o climàtics: temperatura, humitat, llum i CO₂.

Per que les hortalisses puguin realitzar les seves funcions, és necessari mantenir aquests factors. Amb el control d'aquests factors es pot arribar a la màxima optimització del seu creixement o mantenir els mínims i màxims perquè les plantes no arribin a aturar el seu propi metabolisme.

1. Temperatura

La temperatura és un dels factors més influents en el creixement i desenvolupament de les plantes. És per això que és un dels paràmetres més importants a tenir en compte.

Normalment la temperatura òptima per les plantes es troba entre 16 i 20°C durant la nit i 22 i 30°C durant el dia. Cal tenir en compte la despesa enèrgica i en conseqüent econòmica que comporta mantenir dins d'aquest marge la temperatura.

Per tal de controlar la temperatura és important conèixer les necessitats i limitacions de l'espècie cultivada. Tanmateix, cal aclarir els següents conceptes de temperatures, que indiquen els valors objectiu a tenir en compte pel bon funcionament del cultiu i les seves limitacions:

- Temperatura màxima i mínima letal: Són aquelles, per sobre o per sota de les quals es produeixen danys a la planta.
- Temperatures òptimes màximes i mínimes biològiques: Són aquelles que indiquen els valors, superiors e inferiors, a partir dels quals no és possible que la planta arribi a una determinada fase vegetativa, com la floració, la fructificació, etc.
- Temperatures nocturnes i diürnes: Són aquelles que indiquen els valors aconsellats per un correcte desenvolupament de la planta.

La temperatura dins de l'hivernacle, variarà segons la radiació solar, la temperatura exterior i la renovació de l'aire interior.

2. Humitat relativa

L'humitat és la quantitat de vapor d'aigua present a l'aire. L'humitat relativa és el percentatge entre la humitat que conté l'aire i la màxima humitat que pot contenir a una determinada temperatura.

Existeix una relació inversa entre la temperatura i la humitat. A elevades temperatures, augmenta la capacitat de l'aire de contenir vapor d'aigua i per tant disminueix la humitat relativa. Amb temperatures baixes passa tot el contrari. Cada espècie té una humitat ambiental ideal per desenvolupar-se en perfectes condicions.

L'humitat relativa de l'aire és un factor climàtic que pot modificar el rendiment final dels cultius. Quan la humitat relativa és excessiva, les plantes redueixen la transpiració i disminueixen el seu creixement, es produeixen avortaments florals per l'espessiment del pol·len i un desenvolupament més gran de malalties criptogàmiques. Pel contrari, si és molt baixa, les plantes transpiren en excés i poden arribar a deshidratar-se.

L'excés d'humitat relativa pot reduir-se mitjançant la ventilació, augmentant la temperatura i evitant l'excés d'humitat al terra de l'hivernacle. Pel contrari, la manca d'humitat relativa pot corregir-se amb regs, omplint petits recipients o bassals d'aigua, polvoritzant aigua en l'ambient i fent baixar la temperatura.

3. Llum

La radiació solar és la font d'energia pel creixement i desenvolupament de les plantes i el principal factor de la bio productivitat vegetal. Quan la lluminositat a l'interior de l'hivernacle augmenta, s'ha d'augmentar la temperatura, la humitat relativa i la quantitat de CO₂ perquè la fotosíntesis sigui màxima; pel contrari, si hi ha poca llum, poden disminuir les necessitats d'altres factor i per tant afectar el correcte creixement de la planta.

Per millorar la lluminositat natural es poden utilitzar el següents mitjans:

- Materials de coberta amb bona transparència
- Bona orientació de l'hivernacle per tal de captar la màxima radiació
- Estructures que redueixin al màxim les ombres interiors
- Cobrir el terra amb plàstic blanc
- Utilització de làmpades

A l'estiu, per reduir la lluminositat es poden utilitzar:

- Blanqueig de les cobertes
- Malles per ombrejar

4. Anhídrid carbònic (CO₂)

L'anhídrid carbònic de l'atmosfera és imprescindible per la realització de la fotosíntesi. L'enriquiment de l'atmosfera de l'hivernacle amb CO₂ és molt interessant en molts cultius, tant en hortalisses com en flors.

La concentració normal de CO₂ en l'atmosfera és del 0,03%. Aquest índex es pot augmentar fins a límits de 0,10- 0,20% si es desitja l'aprofitament màxim de l'activitat fotosintètica de les plantes. Les concentracions superiors al 0,30% resulten tòxiques per als cultius.

A l'interior d'un hivernacle, durant el període diürn, les plantes realitzen la fotosíntesi, fixant el CO₂ de l'aire. Això fa que, si no hi ha una bona ventilació, les concentracions de CO₂ vagin disminuint i això esdevingui un factor limitant de la producció.

CAPÍTOL 2: DESCRIPCIÓ GENERAL

Un cop estudiades les diferents formes de conreu i els diferents paràmetres més importants a tenir en compte en el control de clima d'un hivernacle, cal definir l'estructura a seguir per la realització del projecte.

També cal remarcar, què es vol implementar en un hivernacle qualsevol, dotant-lo així d'un control de climatització automàtic, donant així una solució més al propietari tenint com a objectiu la realització d'un sistema de control que supervisarà els quatre paràmetres atmosfèrics més importants per el cultiu en hivernacle (temperatura, humitat, lluminositat i CO₂) i que actuï sobre els dispositius adequats per mantenir aquests paràmetres en el nivell òptim per el creixement de les hortalisses.

Es proposa la realització d'una unitat que disposi d'elements tant de control com de visualització perquè l'usuari pugui interactuar amb el sistema. L'objectiu és que l'usuari pugui controlar les diferents funcionalitats i estigui informat en tot moment de les diferents condicions ambientals.

Per poder realitzar-ho, cal utilitzar tot el conjunt de coneixements que aporta la realització d'una enginyeria electrònica. Es a dir, ens ajudarem de les diferents divisions de la electrònica com poden ser la electrònica d'adquisició, la electrònica de condicionament, la electrònica de control i la electrònica de potencia, que es defineixen en els següents capítols.

Constructivament s'engloba en quatre plaques de circuit imprès i tot un seguit d'elements d'entrada i sortida amb el que es voldrà simular el comportament del sistema envers a les condicions reals.

Bàsicament les funcions que es pretenen realitzar per el control de clima, són les següents:

- Adquisició de la temperatura tant exterior com interior, amb el que es pretén comparar amb la temperatura introduïda per l'usuari i així poder actuar sobre la circulació del aire amb l'activament de les comportes.
- Adquisició de l'humitat relativa per poder comparar amb la humitat introduïda, per mantindre dintre dels marges òptims el creixement de les hortalisses.
- Adquisició de la luminescència solar per poder mantenir un mínim de radiació per controlar el cicle de creixement.
- Adquisició del diòxid de carboni per poder mantenir el control d'un màxim admissible per el hivernacle.

A partir de l'adquisició d'aquestes variables, les quals estaran condicionades als màxims admissibles de l'unitat de control (objecte del projecte), s'encarregarà de la generació de tot un seguit de senyals de control, que l'electrònica de potencia s'encarregarà d'adaptar el senyal als dispositius actuadors del control de clima.

CAPÍTOL 3: HARDWARE

Aquest capítol engloba les diferents parts físiques de les que està constituït el projecte. És a dir, es realitza l'estudi tècnic dels diferents components que s'han utilitzat per la seva realització.

Per al millor enteniment, s'ha organitzat el conjunt del hardware en cinc parts, atenent a la funció de cadascun d'aquests:

- Sistema d'alimentació.
- Electrònica d'adquisició.
- Electrònica de condicionament.
- Electrònica de control.
- Electrònica de potencia.

Cal mencionar, que cadascuna d'aquestes parts esta composta de diferents components i elements electrònics que són part del conjunt i són explicats en detall en cadascuna de les parts.

També, atès a la part constructiva d'aquestes parts, cal mencionar que s'ha optat per 3 mòduls de circuit imprès, on l'electrònica d'adquisició, la de condicionament i la de control s'han integrat en un mateix mòdul, mentre que per una altra part l'electrònica de potencia i el sistema d'alimentació ocupen un mòdul cadascuna d'elles.

3.1. Sistema d'alimentació

Una de les parts més importants del sistema és l'alimentació d'aquest, ja que a partir de la connexió amb la xarxa elèctrica s'alimentaran tots els components electrònics de que es compona.

Ja que l'equip ha de disposar d'alimentació pròpia, es convenient la utilització d'una font d'alimentació per alimentar tots els components.

Aquests components electrònics depenen de les seves característiques tècniques i necessitaran diferents nivells d'alimentació. Es a dir, es necessitarà un sistema que transformi el corrent altern de la xarxa de distribució d'energia elèctrica per els diferents nivells d'alimentació del projecte.

Per calcular la potencia adequada i les tensions de sortida de la font d'alimentació, s'ha de tenir en compte, com em dit abans, les característiques tècniques dels dispositius a connectar. És per això que el sistema d'alimentació ha de ser una de les ultimes tasques a realitzar perquè fins que no es coneix la necessitat del sistema, no es pot realitzar el seu disseny.

Bàsicament existeixen dos tipus de fonts en el mercat, les lineals i les commutades. En aquest projecte donat que el seu consum no és un element crític es podria utilitzar qualsevol de les dues opcions, però donat a que les fonts d'alimentació commutades requereixen d'un elevat temps de disseny, s'ha optat per la primera opció.

Encara que per la construcció del prototip s'ha optat per la font lineal, es recomana l' utilització de fonts commutades si es vulgues comercialitzar el prototip, ja que aquestes fonts requereixen de menys espai i tenen una major eficiència d'energia. Les fonts lineals segueixen el següent esquema :

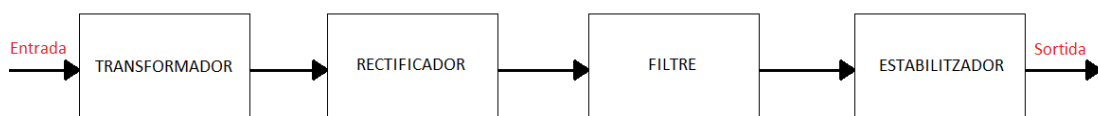


figura 4. Esquema de la font d'alimentació

3.1.1. Transformador

En primer lloc el transformador adapta els nivells de tensió i proporciona aïllament galvànic, entre la xarxa i el equip. En aquest projecte s'ha utilitzat un transformador de 36VA 2x0-12V com el que hi ha a continuació.



figura 5. Transformador utilitzat

3.1.2. Rectificador

A l'electrònica, un rectificador és l'element o circuit que permet convertir el corrent altern en corrent continu. Això es realitza utilitzant díodes rectificadors, ja siguin semiconductors d'estat sòlid, vàlvules al buit o vàlvules gasoses com les de vapor de mercuri. En aquest cas, s'ha utilitzat un pont de díodes d'ona completa. L'esquema del pont de díodes és el següent:

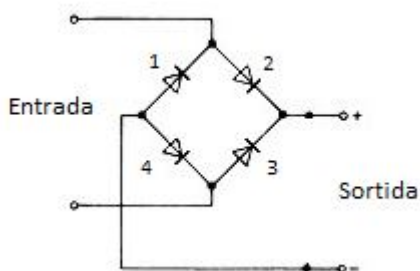


figura 6. Rectificador en pont complet

Només són possibles dos estats de conducció, o bé els díodes 1 i 3 estan en conducció directa i condueixen (tensió positiva) o per contra són els díodes 2 i 4 els quals es troben en directa i condueixen (tensió negativa). Aquesta és la configuració usualment emprada per a l'obtenció d'ona contínua. A la figura següent mostrem quin seria l'estat de la tensió abans del rectificador i després del rectificador.

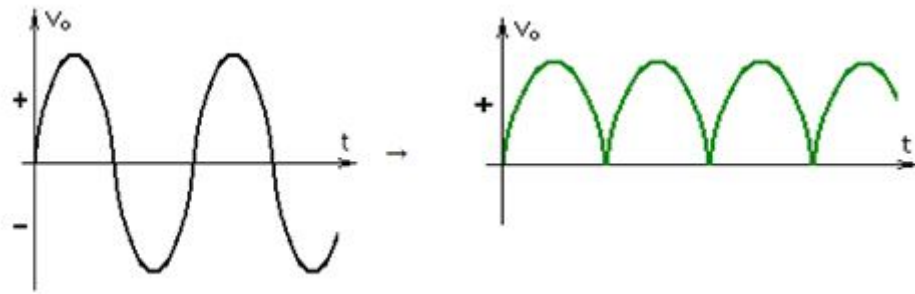


figura 7. Tensió abans i després del rectificador

3.1.3. Estabilitzador

Les característiques tècniques d'estabilització de la font d'alimentació van estrictament lligades a les necessitats de l'aplicació. És per això, que cal anomenar els diferents nivells de tensió que utilitzarem per l'aplicació:

- Tensió de 12V per la electrònica de potencia que obtindrem a partir del regulador de tensió LM7812. Bàsicament alimentarà els diferents dispositius que són controlats al prototip proposat.
- Tensió de -5V i 5V estabilitzats a partir dels reguladors LM7905 i LM7805 respectivament. Aquests s'encarreguen de l'alimentació dels dispositius que engloben la electrònica de control, etapes condicionadores i l'electrònica d'adquisició.

Totes aquestes tensions s'aconsegueixen mitjançant integrats i configuracions proposades a les diferents parts de les seves fulles de característiques tècniques.

El circuit de la font d'alimentació és el següent:

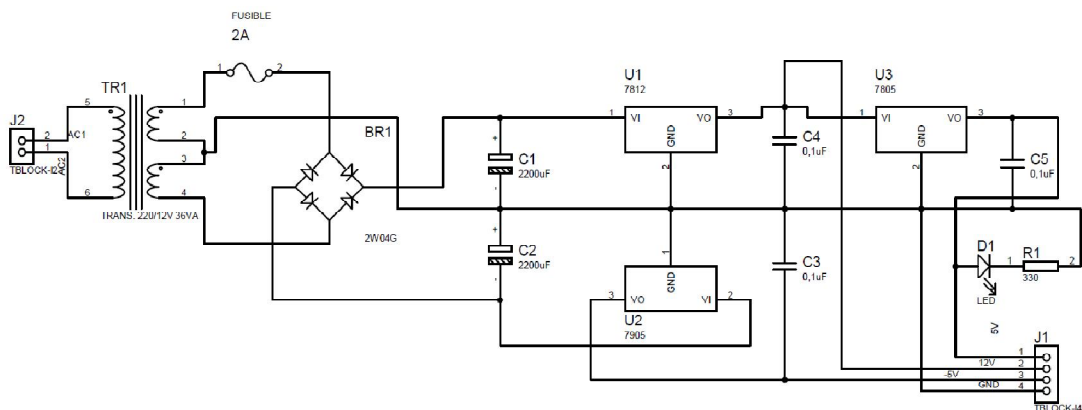


figura 8. Esquema complet de la font d'alimentació del sistema.

3.2. Electrónica d'adquisició

Aquest apartat està constituït per tots els sensors que s'utilitzen per el sensat de les magnituds físiques necessàries per aquest projecte, que posteriorment una vegada condicionades, són derivades a l'electrònica de control.

A continuació es detallen quines són les magnitud que es mesuren i quin sensor s'utilitza en cada cas.

3.2.1. Temperatura : Sensor de Temperatura: LM35

Es tracta d'un conjunt de tres sensors, dos d'ells ubicats a l'interior de l'habitacle, per poder gestionar una temperatura en diferents punts. Per un altre banda, l'altre sensor estarà situat a l'exterior de l'habitacle, poden així, la etapa del controlador actuar sobre els elements tenint en compte, una temperatura interior i una exterior .

Tots aquest sensors de temperatura són un circuit integrat anomenat LM35.



figura 9. Encapsulat i distribució de connexions del LM35

Aquest circuit integrat és bàsicament un sensor de temperatura amb una precisió calibrada de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ i un rang de mesura que va des de els $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ fins als 150°C .

El sensor es presenta en diferents encapsulats, però el utilitzat en aquest projecte és el TO-92.

Com podem veure a la Figura 9, es tracta d'un encapsulat amb tres potes (+Vs, Vout, GND) , dos d'elles per la alimentació i la tercera per la sortida, la qual entrega un valor proporcional a la temperatura mesurada per el dispositiu. Aquesta sortida es lineal i equival a $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$.

És a dir, a la sortida del nostre sensor tindrem un voltatge equivalent a la temperatura i de forma completament lineal. Tal i com podem veure en el gràfic de la figura següent

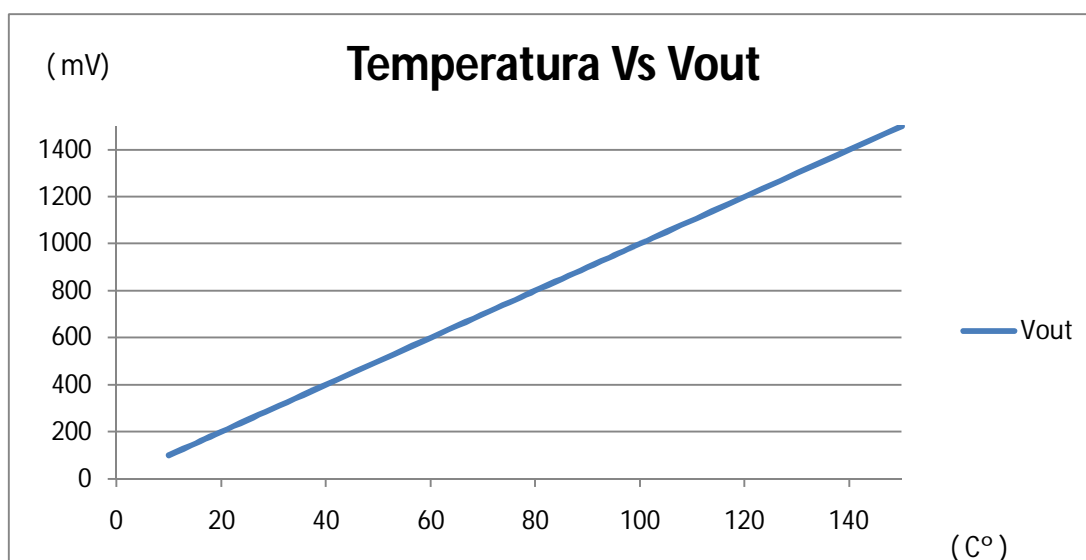


figura 10. Resposta del LM35 envers l'augment de temperatura

El rang de temperatura que s'ha utilitzat per els sensors d'interior és des de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ fins a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ mentre que per l'exterior serà des de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ fins als $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.2.2. Humitat: Sensor de Humitat: HIH-4000

Els sensors d'humitat de la sèrie HIH-4000 són dissenyats perquè tinguin una resposta lineal, això fa possible que s'estalviïn etapes de condicionament molt complexes i així, es puguin connectar directament a un regulador o a un altre dispositiu de control. Amb un consum de només 200 μ A el HIH-4000 és una de les millors opcions per a sistemes que necessiten d'un baix consum d'alimentació.

Les principals característiques són:

- Sortida de voltatge lineal.
- Baix consum.
- Tensió d'alimentació de 4 a 5,8 V.
- Ràpida resposta.
- Rang de funcionament entre 0 i 100 % d'humitat.

A les següents gràfiques s'observa el valor de la tensió respecte l'humitat relativa i d'una altra banda, l'humitat relativa mesurada respecte el grau de temperatura ambiental. A la figura 12 s'observa també el rang de funcionament i quins són els marges a partir dels quals el sensor d'humitat deixa de ser operatiu.

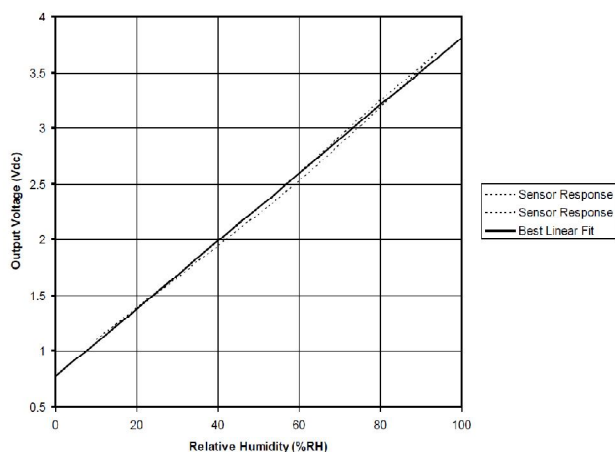


figura 11. Voltatge respecte humitat relativa

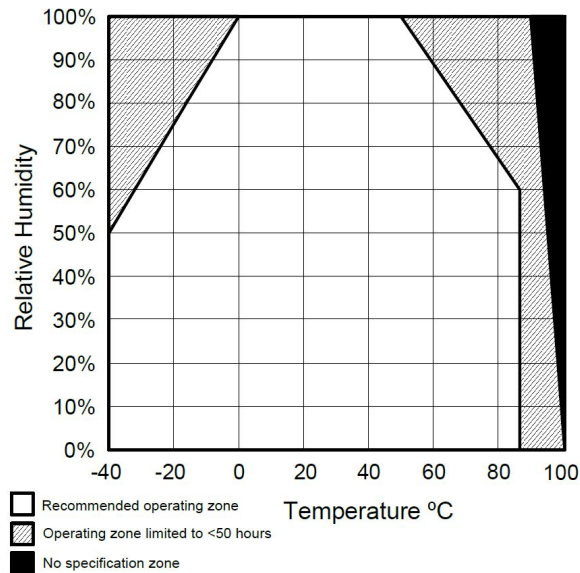


figura 12. Humitat relativa respecte temperatura

3.2.3. Luminositat: fotodíode BPW34

Els fotodíodes són díodes amb una unió PN que es basen en l'efecte fotoelèctric, els quals són sensibles a la incidència de llum visible o infraroja. Degut a aquesta incidència de llum creen una diferència de potencial elèctric a la generació de parells e- h+ i generen un corrent elèctric.



figura 13. Fotodíode

El fotodíode es polaritza inversament. Així es produeix una circulació de corrent que és excitada per la llum i es proporcional a la quantitat de llum que li incideix.

La següent equació mostra la intensitat que circula pel díode quan incideix lluminositat sobre ell

$$I = I_0 \left[e^{\left(\frac{V_d}{nV_t}\right) - 1} \right] - I_{PH} \quad (1)$$

On:

- V_d : Diferencial de tensió en el fotodíode
- I_0 : Corrent de saturació en inversa.
- n : factor de idealitat.
- V_t : $kT / e = 0,026V$.
- I_{PH} : Foto corrent generada en el dispositiu.

La figura numero 14 mostra el corrent que circularà per el fotodíode en relació a la quantitat de llum incident. On les unitat de la quantitat de llum són els Lux.

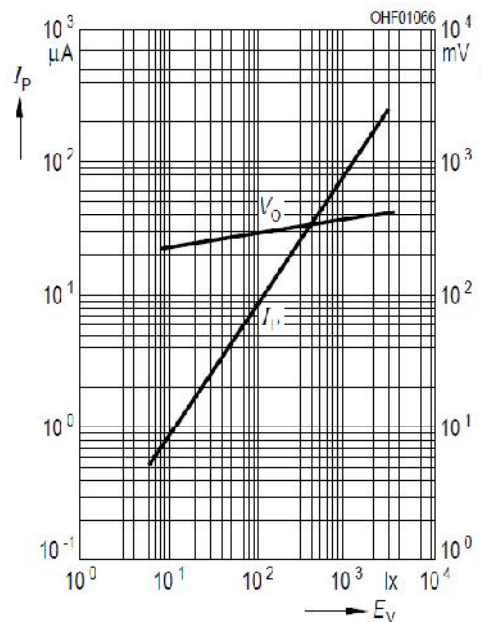


figura 14. Corrent que circula per el fotodíode

Una vegada definits com es comporta el fotodíode, es pot definir quin seria el seu circuit equivalent:

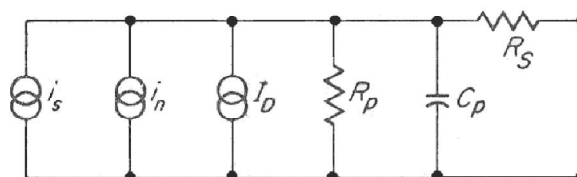


figura 15. Circuit equivalent del fotodíode

On:

- I_s : Corrent de la senyal.
- I_n : Corrent total de soroll.
- I_d : Corrent de fuges.
- R_p : Resistència inversa de la unió.
- C_p : Capacitat del diode.
- R_s : Resistència en sèrie.

3.2.4. Diòxid de carboni: TGS 4161

El sensor utilitzat per aquest projecte es tracta d'un sensor de diòxid de carboni que utilitza la tecnologia **NDIR** (non-dispersive infrared absorbance).



figura 16. TGS 4161

Les molècules de CO_2 absorbeixen la llum a determinada longitud d'ona a $4,26 \mu\text{m}$. Així que a altes concentracions de CO_2 absorbeixen més llum que en baixes concentracions de CO_2 .

La llum infraroja és dirigida a través de la càmera de detecció cap al detector. El detector té un filtre, que elimina tota la llum, excepte la longitud d'ona de $4,26 \mu\text{m}$, que les molècules de CO_2 poden absorbir.

Atès que les molècules d'altres gasos no absorbeixen la llum en aquesta longitud d'ona, només les molècules de CO_2 afecten la quantitat de llum que arriba al detector.

La intensitat de $4,26 \mu\text{m}$ de llum que arriba al detector és inversament proporcional a la concentració de CO_2 en la càmera de detecció. Quan la concentració de CO_2 en la càmera és zero, el detector pot "veure" la intensitat de la llum per complet.

La relació exacte entre la llum, la intensitat i la concentració de CO_2 es determina quan l' instrument està calibrat utilitzant nitrogen pur (0 ppm de CO_2) i una concentració coneguda de CO_2 , tals com 1000 ppm o 5000 ppm .

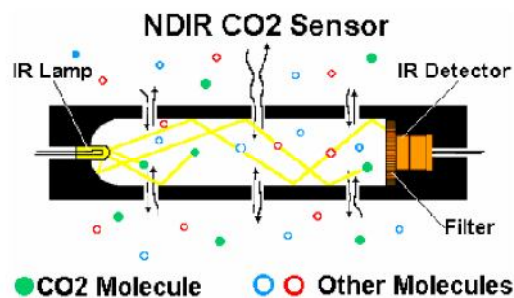


figura 17. Funcionament del sensor de CO₂

3.3. Electrónica de condicionament

L'adquisició de dades és el procés d'obtenir o generar informació de manera automatitzada des de recursos de mesures analògiques i digitals com sensors altres dispositius.

Les magnituds físiques que provenen dels sensors no poden ser tractades directament, ja que sovint, la sortida del sensor ofereix uns marges de tensió o intensitat massa elevats o massa inferiors perquè siguin processades per el microcontrolador. Degut a aquests problemes, les senyals de sortida dels sensors s'han de condicionar per tal d'adaptar-les al sistema receptor.

L'electrònica de condicionament consisteix en tots aquells circuits els quals s'encarreguen d'adaptar les senyals emeses pels sensors per així poder enviar-les a les etapes controladores i realitzar així una gestió òptima del sistema a partir de les magnituds físiques adquirides.

En aquest apartat, es defineixen les etapes condicionadores de cadascun dels sensors i s'explicarà com són tractades per el microcontrolador ja que necessiten un tractament posterior per part del software.

3.3.1. Temperatura interna

Tal i com s'ha explicat en anteriors apartats, per realitzar la mesura de temperatura interna, s'utilitza el **LM35**. Aquest component té com a avantatge principal el fet de que a l'aplicar tensió entre els seus terminals, a la sortida apareix una certa tensió per cada grau de temperatura.

Cal destacar, que l'etapa condicionadora d'aquest sensor respecte d'altres és més senzilla degut a que la variable a transformar és tensió la qual seguirà sent tensió però amb un marge més elevat. Això és degut al fet de tenir més facilitat de lectura i adequar-la al rang de temperatura escollits per funcionar dins de l'hivernacle.

El circuit utilitzats és el que mostrem a la figura numero 18. Tal i com s'observa, la tensió generada a la sortida del LM35 passa per un condensador el qual estabilitza la tensió i posteriorment passa dins d'un amplificador operacional, configurat com a amplificador no inversor.

Alhora de fer el disseny, cal tenir en comte quin serà el marge de funcionament. No és el mateix definir el circuit del LM35 per com a màxim tenir 20 °C que tenint 80 °C. Els marges de funcionament del termòmetre de temperatura interna i les tensions desitjades a tenir a l'entrada del microprocessador són:

Taula 1. Rang de temperatura interna

	Temperatura	Tensió
Mínim	0°C	0V
Màxim	80°C	≤ 5V

Mantenint com a resistència fixa R1 i fent que la resistència que defineixi el guany sigui R2, el valor de R2 per un determinat guany és el mostrat per l'equació numero 5:

$$6 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = \left(1 + \frac{R_2}{5K}\right) \Rightarrow R_2 = (6 - 1)5K = \mathbf{25K\Omega} \quad (5)$$

Gràcies a aquests valors es pot realitzar fer una taula que mostri quins valors de tensió hi hauran a l'entrada del microprocessador respecte a la temperatura que mesuri el circuit LM35:

Taula 2. *Temperatura respecte tensió a l'amplificador operacional*

Temperatura (°C)	Tensió de sortida del AO (V)
0	0
20	1.2
40	2.4
60	3.6
80	4.8

Gràcies a això es té la temperatura interna condicionada i establerta, entre un rang concret i preparada per ser convertida a un valor digital en el ADC del microcontrolador PIC.

3.3.2. Temperatura externa

Per realitzar l'adquisició de la temperatura a l'exterior del hivernacle s'ha utilitzat el LM35 com en el cas de la temperatura interna. L'únic inconvenient del LM35 és que no suporta tensions negatives i per tant no es pot connectar directament al microcontrolador i es necessita d'un condicionament especial.

Per resoldre aquest inconvenient, s'ha realitzat un circuit el qual realitza la suma d'una tensió de referència a una tensió la qual és la sortida del LM35.

El circuit principal separat per blocs és el següent:

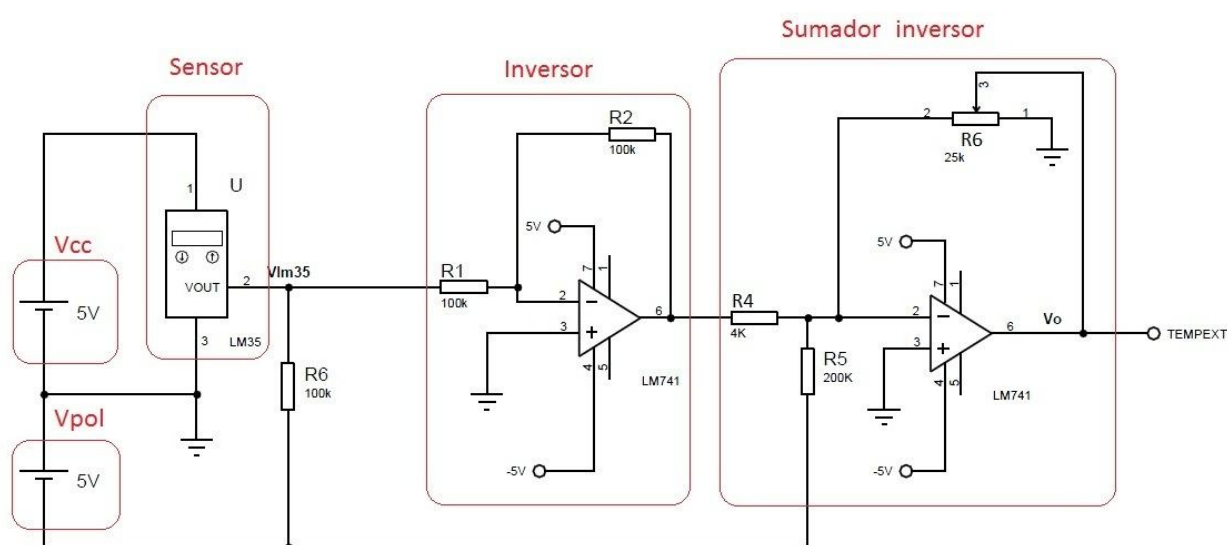


figura 19. Esquema complet de Temperatura externa

Cada bloc realitza una funció la que serà explicada a continuació:

- *Sensor utilitzat:* Serà l'encarregat de transformar la magnitud física de temperatura a tensió elèctrica. Posteriorment serà tractada perquè pugui ser reconeguda per la unitat de control.
- *Tensió d'alimentació:* Tensió que polaritza el sensor de temperatura
- *Tensió de polarització:* Tensió que serà sumada a la generada pel sensor de temperatura
- *Amplificador com inversor:* Aquest amplificador té com a finalitat invertir la tensió que subministra el sensor per així ser sumada a una altre tensió negativa que ve de l'alimentació del sensor de temperatura.

$$V_{out} = -V_{in} \frac{R_2}{R_1} \quad (6)$$

En aquest cas, no interessa amplificar la senyal sinó que només interessa invertir-la per així tenir una senyal negativa. Per tant, el guany d'aquest amplificador serà de valor unitari i per tant les dues resistències seran del mateix valor.

- *Amplificador com a sumador inversor:* Aquest amplificador té com a finalitat sumar les dues tensions: una és la generada pel sensor i l'altre és la generada per la font de tensió inversa a la encarregada de polaritzar el sensor. L'equació de l'amplificador és mostrada per l'equació numero 7.

$$V_{out} = -R_6 \left(\frac{V_1}{R_4} + \frac{V_2}{R_5} \right) \quad (7)$$

En aquest cas i coneixent que V1 és la tensió que prové de l'amplificador inversor (sensor) i que V2 és la provinent de la tensió negativa, per calcular els valors de les resistències, es necessita seguir l'equació numero 8.

$$V_{out} = \frac{R_6}{R_4} V_{lm} - \frac{R_6}{R_5} V_{pol} \quad (8)$$

Aquesta equació és la que determina el valor de les resistències a utilitzar però a la vegada, tal i com s'ha realitzat amb l'etapa condicionadora anterior, depèn del rang o el marge d'entrada que es desitja.

A la següent taula es mostra el rang de temperatures a mesurar així com la tensió que generarà el sensor de temperatura i la tensió que desitgem obtenir a aquella temperatura:

Taula 3. Rang de temperatura i tensió resultant

	Temperatura	Tensió (LM35)	Tensió resultant
Mínim	-10°C	0.1 V	0 V
Màxim	70°C	0.7 V	5 V

Gràcies a aquests valors i a l'equació definida anteriorment (8) es pot calcular els valors de les resistències:

$$5 = \frac{R_6}{R_4}(-0.7) + 5 \frac{R_6}{R_5} \Rightarrow R_5 = 50R_4 \quad (9)$$

$$5 = \frac{R_6}{R_4}(0.7) + 5 \frac{R_6}{50R_4} \Rightarrow R_6 = 6.25R_4 \quad (10)$$

Una vegada coneguda la relació existent entre les resistències i utilitzant les equacions 9 i 10 es pot calcular quin serà el valor de cadascuna de les resistències definint el valor de R_4 . Si $R_4 = 4K\Omega$ aleshores

$$R_5 = 200K\Omega \Rightarrow R_6 = 25K\Omega$$

3.3.3. Humitat

Per aconseguir la transformació de tensió de sortida del sensor, segons la humitat relativa del medi on es troba i que siguin proporcionals entre sí, s'ha utilitzat el circuit de la següent figura; on bàsicament la tensió de sortida del sensor passa per un condensador que estabilitza el nivell de tensió i després, apareix un seguidor de tensió el qual desacobla el sensor del microcontrolador.

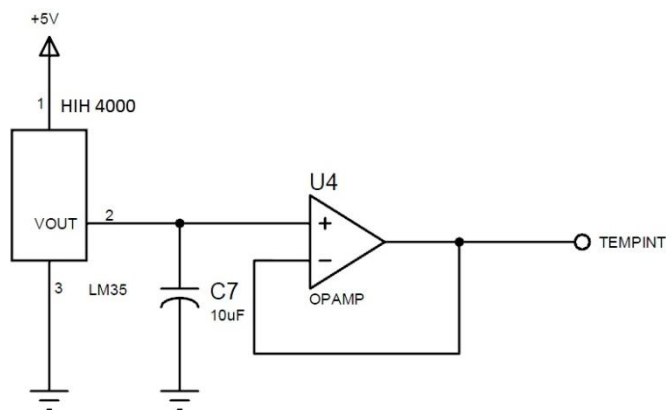


figura 20. Esquema del sensor d'humitat

Aquest sensor ens dona múltiples avantatges però el principal tal i com es mostra en la figura és la senzillesa de muntatge i sobretot la reduïda electrònica de control i de condicionament que ofereix respecte altres sensors de humitat que hi han al mercat.

3.3.4. Luminositat

Es desitja amplificar el senyal originat pel fotodíode BPW34. Per aconseguir el seu condicionament és necessari l' integrat LM324 (Amplificadors Operacionals) configurat com amplificadors no inversors. Gràcies a les seves especificacions, el fotodíode BPW34 té uns límits de tensió que van des de uns 300 mV aproximadament fins a uns 500 mV quan es veu afectat per la incidència de la llum. Per garantir un senyal de sortida del amplificador on el rang estigui entre els 0 V i els 3 V i coneixent la senyal que emet el fotodíode quan incideix la llum, es necessita una amplificació de 5.

Gràcies a l'equació de l'amplificador no inversor (11), es dedueix que:

$$V_{out} = V_{in} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad (11)$$

Gràcies a que tenim $A = 5 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ Fent que $R_1 = 10K\Omega \Rightarrow R_2 = 40K\Omega$

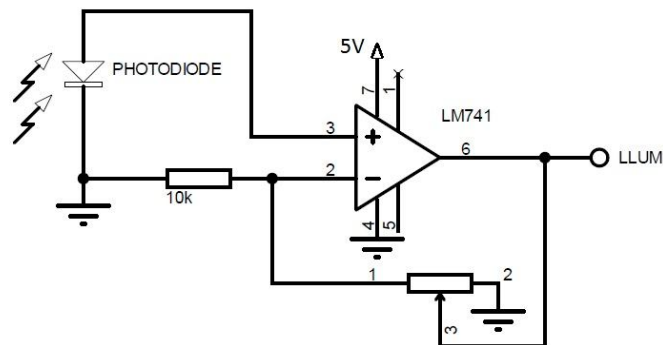
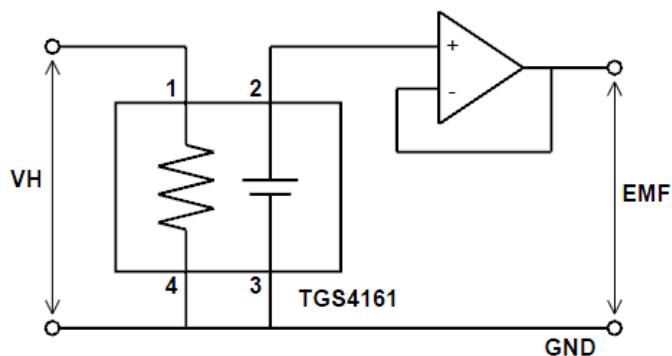


figura 21. Esquema del Fotodíode

Gràcies a aquest circuit, ja es pot connectar el fotodíode directament al microcontrolador i començar a ser utilitzat.

3.3.5. Nivell de CO₂

Tal i com s'ha explicat anteriorment, el sensor utilitzat per controlar el nivell de CO₂ és el **TGS 4161** de ©Figaro. La gran característica d'aquest sensor és la seva resposta lineal respecte l'augment del nivell de CO₂ que hi ha en l'ambient i la seva facilitat de condicionament ja que només necessita un seguidor de tensió per desacoblar-lo de la carrega. El circuit tal i com indica el fabricant és el següent:



Cal anotar que aquest sensor pot arribar a donar uns 90 mV per una concentració de 10000 ppm de CO₂ a l'ambient. Caldria amplificar la sortida fins els 5 V per així poder treballar millor amb el convertidor analògic digital del microcontrolador i guanyar així més precisió.

Alhora de realitzar el disseny del prototip, la part corresponent al sensor de humitat a estat simulada mitjançant un divisor de tensió amb un potenciòmetre, degut al seu al preu de mercat i a la impossibilitat d'aconseguir un sensor únicament.

3.4. Electrónica de control

En aquest apartat, s'explica l'etapa de control la qual es compon de diferents elements i components que s'encarreguen del control del sistema.

Els tres blocs principals d'aquest apartat son: El microcontrolador, la botonera i el visualitzador LCD.

3.4.1. El Microcontrolador

Existeixen diferents alternatives com a unitat de processament i control. Elements discrets digitals com son TTLs, microcontrolador, microprocessadors, FPGAs, PSoC, DSPs, ASICs, entre altres.

L'elecció del microprocessador es basa principalment en varis factors:

- Són dispositius programables que permeten programar mitjançant codi propi unes funcionalitats específiques per una aplicació concreta.
- Venen encapsulats i integren en un chip una unitat central de procés. Disposen de múltiples funcionalitats de control, com ports de entrada i sortida analògics, digitals com ports de comunicació, etc.

Un microcontrolador és un chip programable que inclou una unitat central de processament, memòria i unitats de E/S. Es fa servir per controlar el funcionament d'una tasca determinada. El programa d'aplicació es conservat dins la seva memòria.

El microcontrolador, a partir d'aquest, governarà l'aplicació requerida. Els ports de E/S suporten el connexionat de la circuiteria tant de control com de sensat del dispositiu a controlar.

Els microcontroladors es poden diferenciar per els diferents fabricants, però tots segueixen una mateixa estructura i es diferencien per el numero de entrades i sortides, quantitat de temporitzadors, capacitat i tipus de memòria, numero de entrades i sortides i numero de convertidors de A/D o D/A.

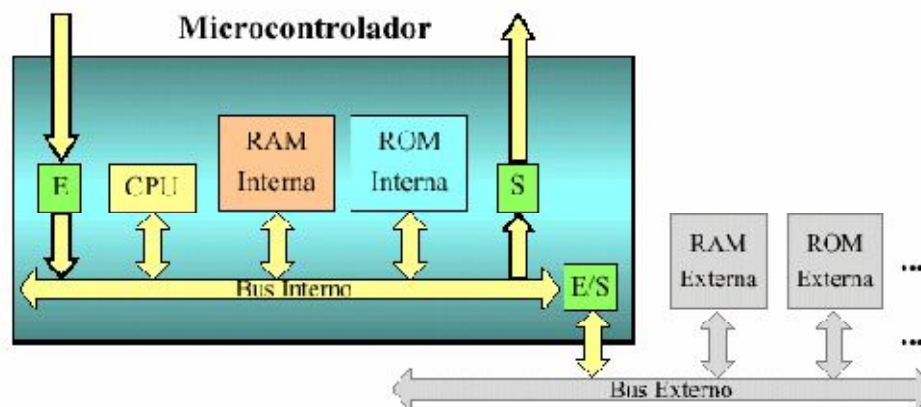


figura 22. Estructura interna d'un microcontrolador

Alhora d'escollir el microcontrolador, s'han de tenir en compte varis factors:

- Preu.
- Eines de desenvolupament.
- Quantitat de fabricació del component en el mercat.
- Característiques Tècniques.

L'elecció del microcontrolador de ©Microchip anomenat PIC, és degut bàsicament al seu baix cost i a la quantitat d'informació i de eines per la seva programació. També degut a que es un component altament utilitzat en la indústria, i la seva facilitat per disposar d' ell.

3.4.2. PIC16F877

Els microcontroladors es basen en una estructura anomenada HARDWARE. Consisteix en una estructura on la CPU està connectada a dues memòries mitjançant dues línies de bus separades. Una de les memòries conte únicament les instruccions del programa i l'altre només emmagatzema dades. La primera s'anomena memòria de programa i la segona memòria de dades. Aquests busos són totalment independents i poden ser de diferents amplades.

Els microcontroladors PIC i em conseqüència el 16F877 tenen aquesta estructura hardware amb una memòria de dades de 8 bits i una memòria de programa de més de 12 bits.

El microcontrolador PIC16F877 de ©Microchip pertany a la família de 8 bits de bus de dades que tenen les següents característiques tècniques que les distingeixen de les altres famílies.

- Tecnologia RISC
- Tecnologia CMOS.
- Freqüència de treball de 4 a 20 Mhz.
- 8k de memòria FLASH.
- 256 Bytes de memòria EEPROM.
- 2 Mòduls PWM.
- 8 canals ADC de 10 bits.
- 3 Timers.
- 15 Entrades d'interrupcions.
- 5 ports de E/S.

A continuació es mostra l'encapsulat del 16F877 utilitzat per dur a terme el projecte.

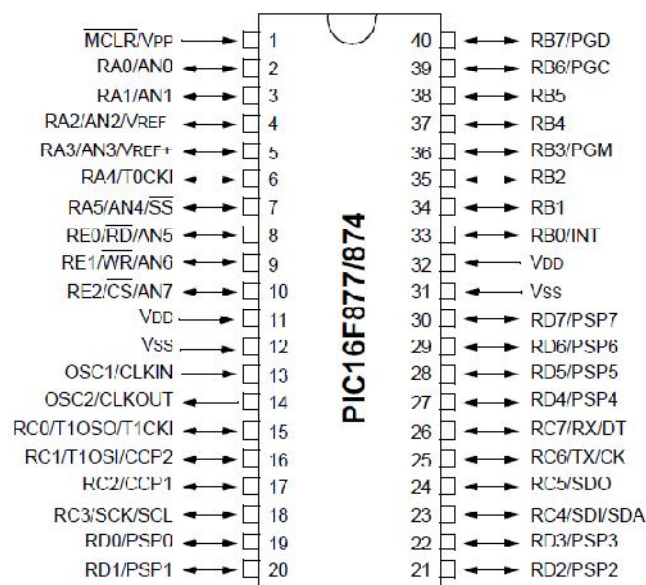


figura 23. 16F877

El diagrama de blocs del 16F877 és el següent:

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F874	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F877	8K	368 Bytes	256 Bytes

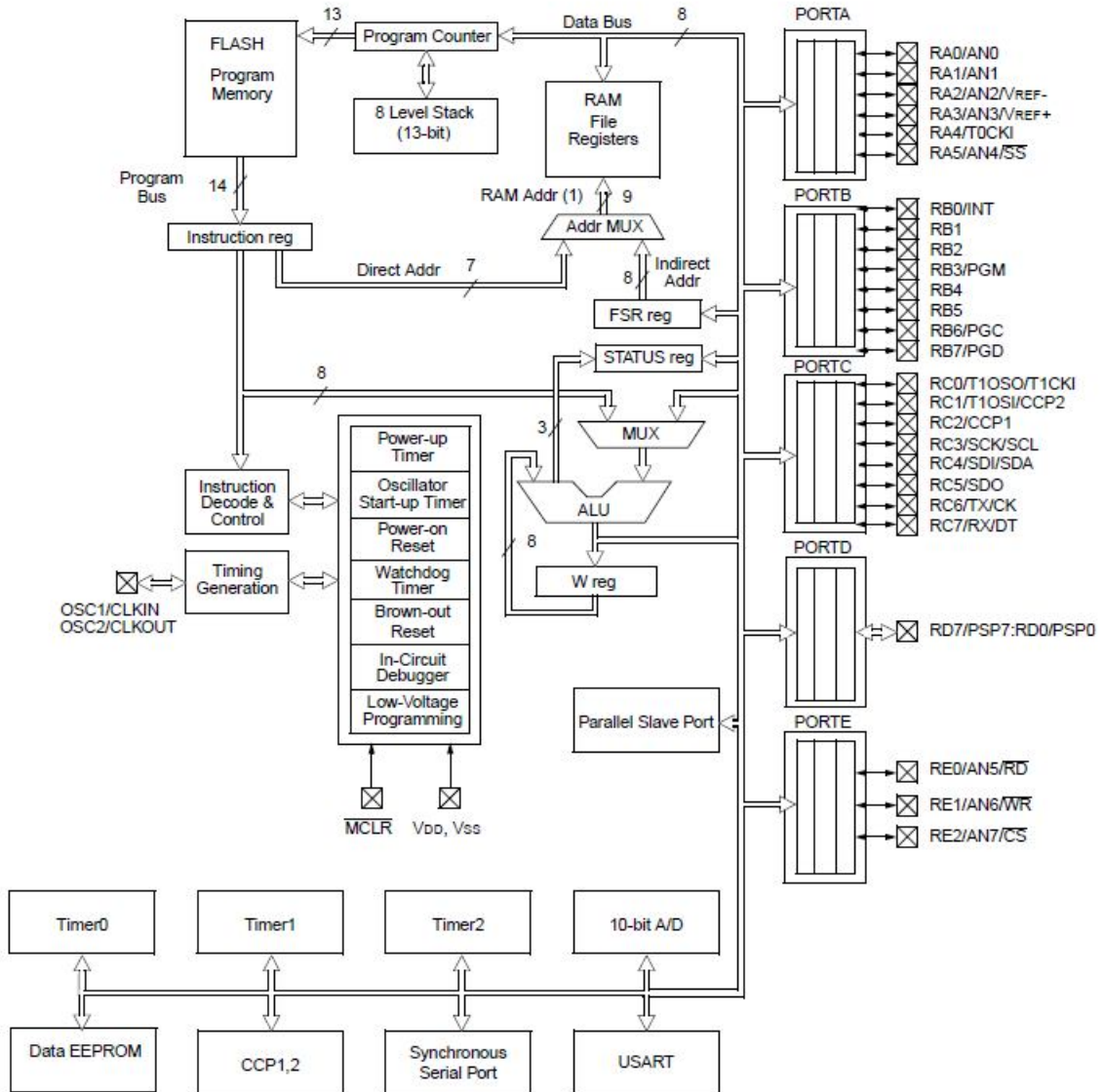


figura 24. Diagrama de blocs del 16F877

3.4.3. Ports d'entrada i sortida

El microcontrolador PIC16F877 conte cinc ports dels quals només se n'han utilitzat quatre. Aquest quatre ports utilitzats s'encarreguen de la gestió i el control de totes les senyals d'entrada i sortida. Aquestes corresponen:

1. PORT A:

El microcontrolador PIC16F877 disposa entre tres i cinc ports d'entrada/sortida paral·lel d'usos generals, anomenats Port A, Port B, Port C, Port D i port E.

El port A és de 5 bits, el port E és de 3 bits i els altres són de 8 bits cadascun. El port D i E només són disponibles en el 16F874 i en el 16F877.

Les línies d'aquests ports poden ser programades individualment com a entrades o com a sortides. Això dona una gran versatilitat i llibertat de moviments per poder fer el que es vulgui.

Tot i això, si cada pin del microcontrolador realitza cadascuna d'aquestes funcions, les dimensions del PIC es veurien incrementades. Per aquest motiu algunes patilles del PIC són compartides amb altres. Aquest fet crea algunes restriccions que s'han de tenir en compte alhora de realitzar el disseny.

Les senyals que cal tenir present alhora de realitzar el projecte són:

- **Temperatura** : Tres senyals provinents dels diferents sensors anomenats TEMPINT, TEMPINT2 per els sensors interior i TEMPEXT per el sensor de temperatura exterior.
- **Humitat**: Una senyal provinent del sensor de humitat, anomenada HUMITAT.
- **Solar**: Una senyal provinent del sensor, anomenada LLUM.
- **Diòxid de carboni**: Una senyal provinent del sensor de CO2, anomenada CO2.

Aquest port té associats tres registres on es realitza la gestió del bus de dades:

- **Registre PORTA (05h)**: Aquest registre conte el estat del port A. Els sis bits menys significatius (RA0,RA1,RA2,...,RA5) són associats a la línia física del port, es a dir, al realitzar-se una lectura d'aquest registre es llegeix el estat de cada una de les línies del port. Una vegada llegeix el valor de cada una de les línies modifica el seu valor i posteriorment s'escriu en el latch de dades del port.
- **Registre TRISA (85h)**: Cada bit d'aquest registre configura l'estat de cada via del port. És a dir, es configura si el pin indicat es comporta com a entrada o sortida d'informació.

El bit x de $TRISA = 1$, configura el pin RAX del port A com a entrada, mentre que el bit x de $TRISA = 0$, configura el pin RAX del port com a sortida.

- **Registre $ADCON1$ (9Fh):** Les entrades del port A estan multiplexades amb les entrades analògiques, això fa que abans d'utilitzar-les faci falta configurar-les si seran utilitzades com a entrades analògiques o com entrades/sortides digitals.

2. PORT B:

És un port de 8 bits i es comporta de forma similar al port A. En aquest cas s'ha utilitzat aquest port per la botonera i per llegir l'estat dels diferents estats dels sensors. Aquesta botonera consta de 5 botons (OK, MES, MENYS, MAN/AUTO, SEG). Des de la botonera l'usuari pot escollir les diferents funcionalitats de que disposa el software associat.

Per l'altre part les senyals de DOMALLA, DTMALLA i DTENTRADA venen donades per els diferents sensors que indiquen si la malla està desplegada o si la porta és oberta. Aquest port té tres registres associats :

- **Registre $PORTB$ (06h, 106h):** Els vuit bits ens indica els estat dels vuit pins del port B. ($RB0, RB1, RB2, \dots, RB7$).
- **Registre $TRISB$ (86h, 186h):** Es comporta igual que el registre del port A anomenat $TRISA$. Es a dir, al posar un 1 en un bit del $TRISB$ es configura el pin indicat com a entrada, mentre que si poses un 0, el pin es configura com a sortida.
- **Registre $OPTION_REG$ (81h, 181h):** El bit 7 d'aquest registre anomenat $RBPU$, es fa servir per connectar o desconnectar les resistències de Pull-up, connectada a cada pin del port. Es a dir controlem si volem alta impedància, introduint un 0. O baixa impedància introduint un 1.

3. PORT C:

Format per 8 línies bidireccionals i el comportament és similar als altres ports. Aquest port ha estat escollit per treballar en base a les diferents sortides. És a dir, aquest port genera les senyals de control que activaran o desactivaran els diferents actuadors del sistema de climatització de l' hivernacle. Aquestes senyals són:

- **VENT1 i VENT2:** S'utilitzen per controlar les diferents velocitats del ventilador.
- **NEBU:** S'utilitzen per controlar la difusió d'aigua a l'ambient a través del nebulitzador, fent augmentar la humitat.
- **ESCALFA:** S'utilitza per controlar l'intercanviador de calor i així poder augmentar la temperatura.
- **LAMPADES:** S'utilitza per controlar el apagat o la encesa de les làmpades al·lògenes, per mantenir el nivell de lluminositat idoni.
- **ESCALFAEMER:** S'utilitza per controlar en cas de emergència un segon intercanviador de calor, en cas que no s'assoleixi la temperatura.
- **MALLA:** S'utilitza per controlar el desplegament d'una malla exterior.

Aquest port també disposa de tres registres associats:

- **Registre PORTC (07h):** Els vuit bits ens indica els estat dels vuit pins del port C (RC0,RC1,RC2,...,RC7).
- **Registre TRISB (87h):** Es comporta igual que el registre del port A anomenat TRISA. És a dir, al posar un 1 en un bit del TRISC es configura el pin indicat com a entrada, mentre que es posa un 0, el pin és configurat com a sortida.

4. PORT D

És un port de 8 línies que es poden configurar com a entrada o sortida mitjançant els diferents registres, que com els altres ports conté. També quan es configura com a entrada disposa d'un Trigger de Schmitt.

En aquest cas, no s'utilitzarà, ja que aquest port s'utilitzarà per la comunicació i el control amb el visualitzador LCD.

Aquestes senyals son :

- **LCD E:** Es tracta de la senyal d'activació del LCD. Amb E=1 mòdul connectat, E=0 Mòdul desconnectat.
- **LCD RW:** Es tracta de la senyal de lectura/escriptura del LCD. Amb RW=1 lectura, RW=0 escriptura.
- **LCD RS:** Es tracta de la senyal del registre de control/registre de dades. Amb RS=1 es realitza la selecció del registre de dades i RS=0 es realitza la selecció del registre de control.
- **DO-D7:** Es tracta de les senyals del bus de dades bidireccional. A través d'aquestes línies es transfereix l' informació entre el microcontrolador y el LCD.

L'esquema principal de tot el connexionat dels ports és el següent:

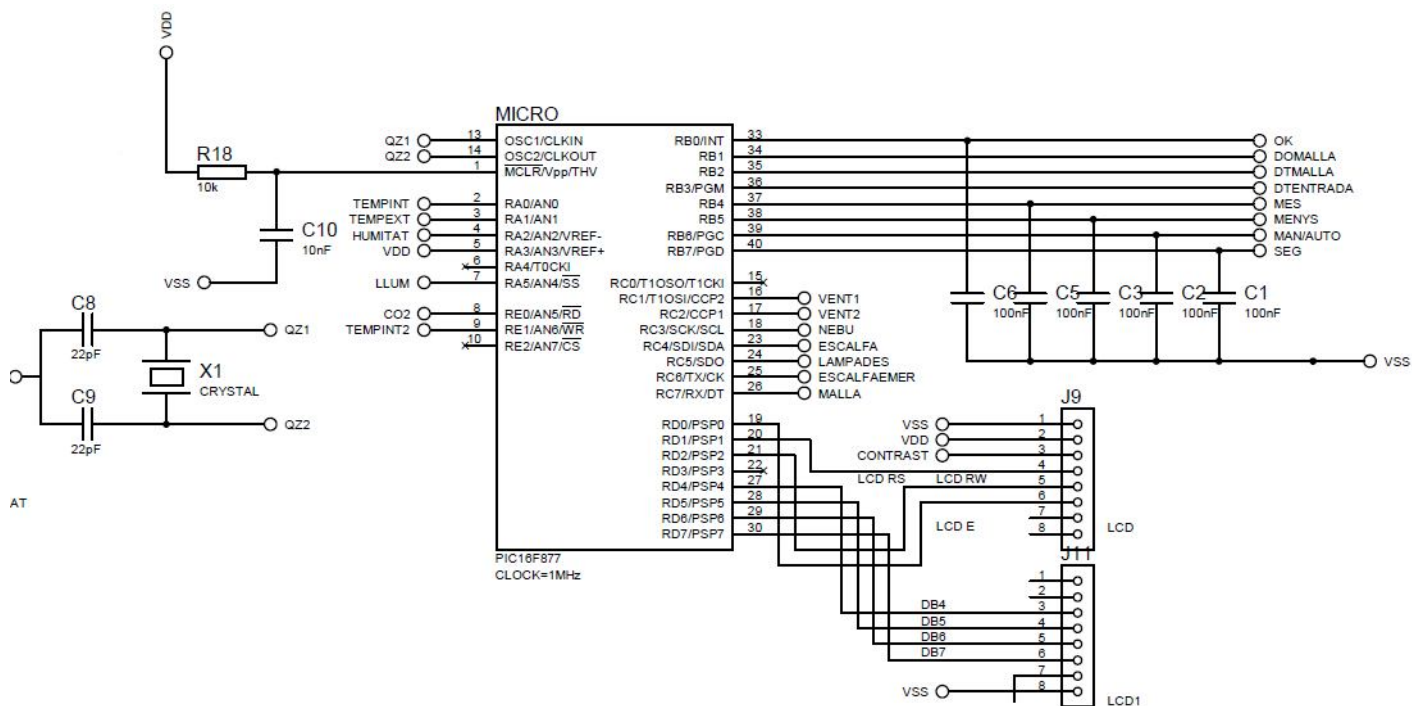


figura 25. Connexionat del ports de microcontrolador

3.4.4. Convertidor Analògic/Digital ADC

El convertidor analògic/digital incorporat al PIC16f877 és un model de 10 bits amb un multiplexor de varies entrades. El nombre d'entrades es pot definir per software mitjançant una sèrie de bits que es troben al registre de control.

La referència de tensió utilitzada per aquesta conversió es pot definir com V_{DD} o la tensió aplicada a $RA3/AN3/V_{ref}$ i també la referència inferior com V_{SS} o $RA2/AN2/V_{ref-}$.

Tot i això, aquest convertidor pot funcionar si es necessita en el mode SLEEP per així reduir el consum.

A la següent figura es mostra el seu esquema interior i, tot i que mitjançant aquesta figura no es vegi, s'utilitzen 4 registres: dos registres de control anomenats $ADCON0$ i $ADCON1$, i dos registres de resultats $ADRESL$ i $ADRESH$

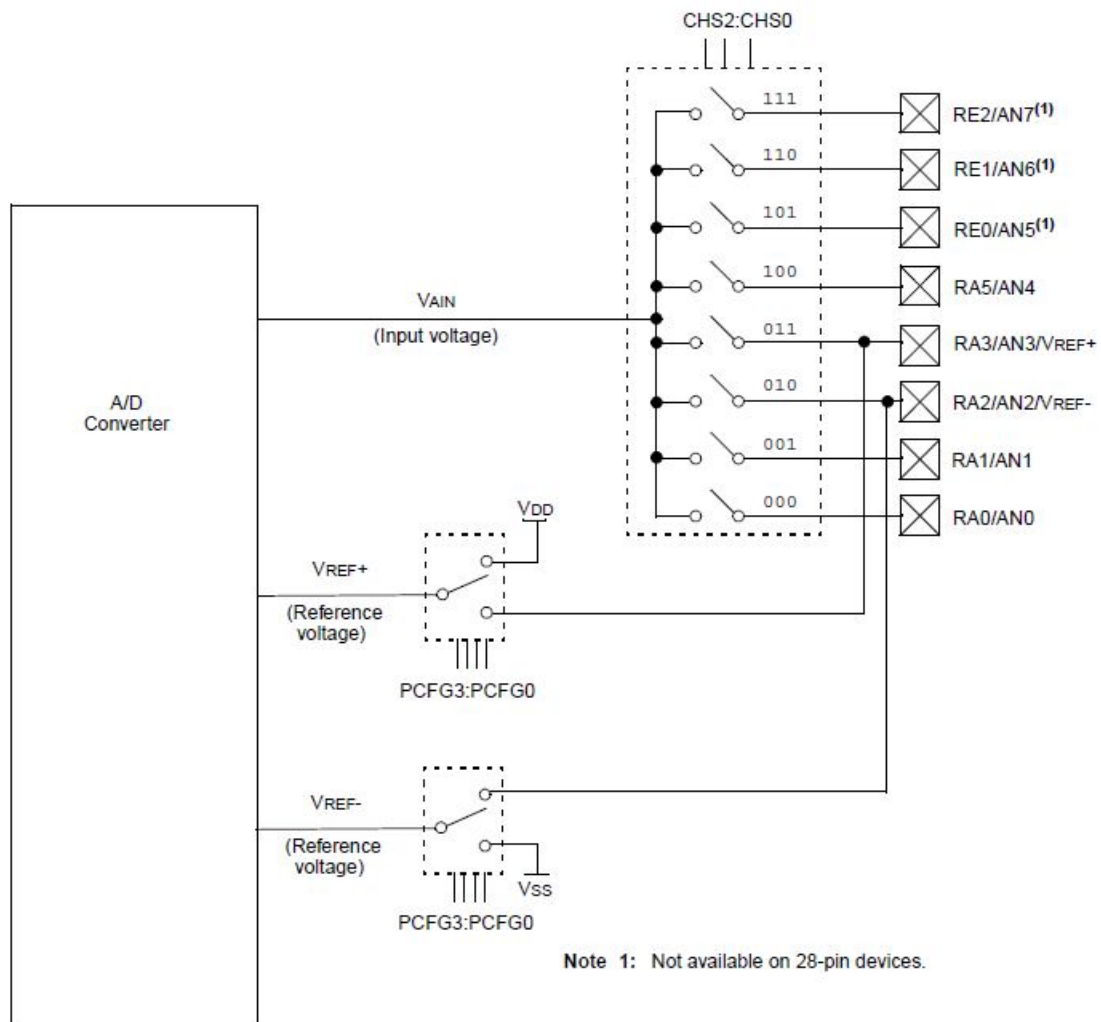


figura 26. Estructura del convertidor AD

Registre ADCON0 (1Fh), registre de control 0, controla les operacions del convertidor.

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7							bit 0

- **Bit 6-7: ADCS1-ADCS0:** En aquest dos bits es produeix la selecció de la freqüència de rellotge per el convertidor A/D.

Taula 4. Bits ADCS1 i ADCS0

Bit 7	Bit 6	Funció
0	0	Freqüència osc/4
0	1	Freqüència osc/8
1	0	Freqüència osc/32
1	1	Oscil·lador RC intern

Per aquest projecte s'ha escollit una freqüència de rellotge màxima de 4MHz per software intern.

- **Bit 3-5: CH0-CH1-CH2 :** Aquests bits seleccionen el canal analògic. Aquest microcontrolador disposa de 8 canals d'entrada al convertidor A/D. A la següent taula es mostra quins són els canals i els estats dels bits corresponents per fer que el canal corresponent sigui analògic.

Taula 5. Bits CH0, CH1 i CH2

Bit 5	Bit 4	Bit 3	Canal	Pin
0	0	0	Canal 0	RA0/AN0
0	0	1	Canal 1	RA1/AN1
0	1	0	Canal 2	RA2/AN2
0	1	1	Canal 3	RA3/AN3
1	0	0	Canal 4	RA4/AN4
1	0	1	Canal 5	RA5/AN5
1	1	0	Canal 6	RA6/AN6
1	1	1	Canal 7	RA7/AN7

- **Bit 2: GO/DONE.** Es tracta del bit que indica l'estat de la conversió.

1= La conversió A/D s'està realitzant

0= La conversió ha finalitzat. El bit es posa a zero automàticament per hardware quan la conversió ha finalitzat. El resultat de la conversió apareix en el registres ADRESH: ADRESL.

- **Bit 1:** No implementat.

- **bit 0: ADON:** Bit de posada en marxa.

1= El convertidor A/D està actiu.

0= El convertidor A/D està apagat.

El Registre ADCON1(9Fh) és el Registre de control 1. Es compon dels 8 bits següents:

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7							bit 0

figura 27. Mapa de registre ADCON1

- **Bit 7: ADFM.** Selecciona el format del resultat de la conversió A/D

1= Posa els sis bits de major pes a 0 en el registre ADRESH.

0= Posa el sis bits de menor pes a 0 en el registre ADRESL.

- **Bit 4-6:** No implementats.

- **Bit 0-3: PCFG3-PCFG2-PCFG1-PCFG0.** Són els bits de configuració dels canals d'entrada del convertidor A/D. S'utilitzen per configurar els pins com a E/S digital o com a entrada analògica. A la taula 6 es pot observar quin seria el valor de cada pin depenent de la configuració a realitzar.

Taula 6. Configuració de PFGC3-PFGC0

PCFG3: PCFG0	AN7 ⁽¹⁾ RE2	AN6 ⁽¹⁾ RE1	AN5 ⁽¹⁾ RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN/ Refs ⁽²⁾
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

A = Analog input D = Digital I/O

La columna CHAN/Refs indica el nombre de canals analògics disponibles com entrades A/D i el número de canals analògics utilitzats com entrades de referència de voltatge (V_{ref}).

Registres ADRESH, ADRESL: Aquests registres són els encarregats de conservar el resultat de 10 bits de la conversió A/D. Ja que es tracta de dos registres de 8 bits, el mòdul A/D té la possibilitat de justificar el resultat de 10 bits dins dels 16 bits de la parella de registres. La seva estructura interna és la següent:

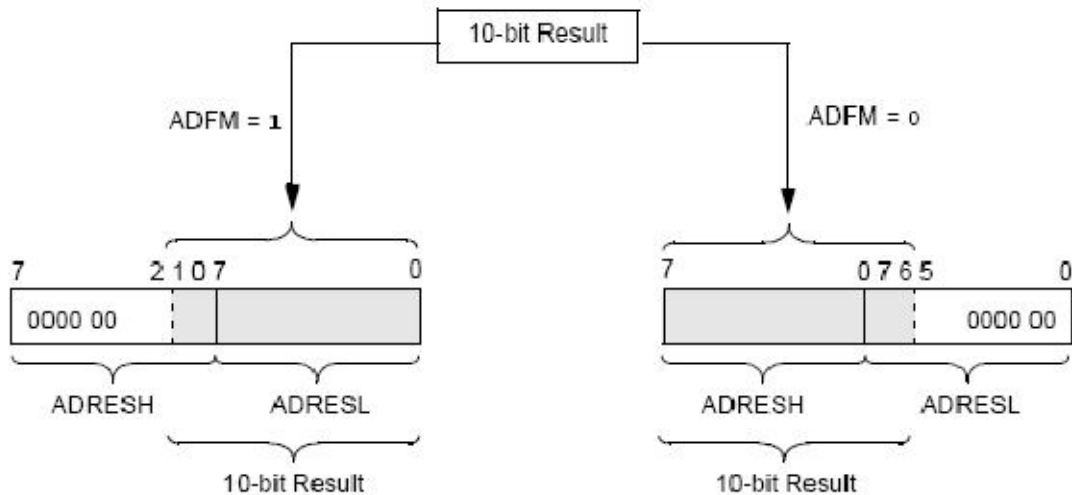


figura 28. Configuració dels registres ADRESH i ADRESL

La selecció del format depenen del tipus de justificació, ja sigui a l'esquerra o a la dreta, es realitza amb el bit ADFM (ADCON1). Els altres bits, en cas que només agafi els 10 bits de la conversió, s'omplen amb zeros. En cas que el convertidor A/D no faci servir aquest dos registres es poden utilitzar com dos registres d'ús general.

Quan el resultat de la conversió es completa, el resultat es conserva en els registres i es posa a zero el bit GO/DONE.

El convertidor ADC necessita un temps de conversió, aquest s'anomena "TAD". Aquest comença a contar des del moment en que s'activa el bit GO/DONE del registre ADCON0. El convertidor A/D necessita un mínim de 12 TAD. El rellotge font de la conversió és seleccionat per software. Les 7 opcions possibles són:

- 2 TOSC
- 4 TOSC
- 8 TOSC
- 16 TOSC
- 32 TOSC
- 64 TOSC
- Oscil·lador RC intern del mòdul A/D (2-6us)

- La següent taula es mostra el valor de la freqüència màxima de treball depenent dels bits ADCS2-ADCS0

Taula 7. Freqüència màxima de treball segons els bits de control

AD Clock Source (TAD)		Maximum Device Frequency
Operation	ADCS2:ADCS1:ADCS0	
2 TOSC	000	1.25 MHz
4 TOSC	100	2.5 MHz
8 TOSC	001	5 MHz
16 TOSC	101	10 MHz
32 TOSC	010	20 MHz
64 TOSC	110	20 MHz
RC ^(1, 2, 3)	x11	(Note 1)

Aquest convertidor necessita dues tensions de referència per el seu funcionament, Vref+ i Vref-, que necessàriament han de ser molt estables, ja que el resultat de la conversió depèn d'aquestes tensions. Això es degut a que el convertidor compara els nivells de tensió amb les senyals analògiques per així poder quantificar-les i mostrear-les.

En el present projecte cas s'han escollit dues tensions que provenen de l'estabilitzador LM7805 de Vref+= 5V i Vref-= 0V. Aquesta tensió es connecta al pin AN3.

3.4.5. Interrupcions:

Els PIC 16F877 disposen d'un sistema d'interrupcions. Aquest sistema consisteix en un mecanisme mitjançant el qual un esdeveniment intern o extern, asíncron respecte el programa, pot interrompre l'execució d'aquest produint automàticament un salt a una rutina d'atenció.

Gràcies a això és pot atendre la crida immediatament i tornar al punt on era anteriorment a la interrupció. Aquest mecanisme és molt útil per actuar sobre temporitzadors o rutines que es repeteixen contínuament.

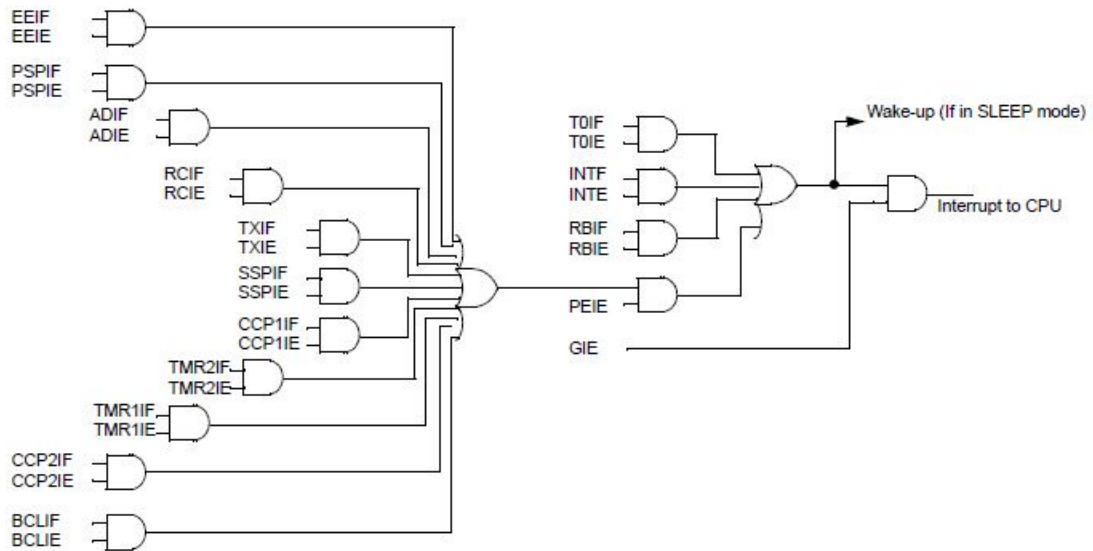
En el PIC16F877 les interrupcions es comporten quasi exactament igual que les subrutines. Des del punt de vista del control del programa, al produir-se una interrupció es produeix el mateix efecte que succeiria si el programa tingues un CALL 004H en el punt on s'ha produït la interrupció.

En un dels registres de control del sistema d'interrupcions, existeix un bit d'habilitació general d'interrupcions GIE, que ha de ser programat com a 1 perquè les interrupcions siguin admeses.

Al produir-se una interrupció, aquest bit és esborrat automàticament per evitar noves interrupcions. La instrucció RETFIE, que s'utilitza al final de la rutina d'interrupció, és idèntica a un retorn de subrutina, ja que a més a més col·loca a

1 automàticament el bit GIE, tornant a habilitar les interrupcions. Dins la rutina d'interrupció, el programa haurà de provar el estat dels flags d'interrupció de cada una de les fonts habilitades per detectar quina ha estat la causa de la interrupció.

La lògica de les interrupcions es mostra en la següent figura:



The following table shows which devices have which interrupts.

Device	T0IF	INTF	RBIF	PSPIF	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	EEIF	BCLIF	CCP2IF
PIC16F876/873	Yes	Yes	Yes	-	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
PIC16F877/874	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

figura 29. Estructura de les interrupcions

Existeixen fins a 14 fonts d'interrupció, però en el cas d'aquest projecte, només s'utilitzaran les fonts d'interrupció externa. Les possibles interrupcions externes són les originades per:

- PIN RB0/INT
- PIN RB4
- PIN RB5
- PIN RB6/PGC
- PIN RB7/PGD

Cal tenir present que la interrupció del pin RBO té un tractament diferent a la de les altres 4. Això es degut a que el pin RBO té un tractament individual ja que a diferència de les altres, a la rutina d'interrupció s'ha de diferenciar quin pin és el que ha estat activat.

Tal i com s'observa a la figura 29, el senyal que produeix la interrupció és en realitat un de sol, que resulta ser la combinació de totes les altres i el seu bit d'habilitació.

Existeixen dos grups de fonts, unes que s'habiliten només col·locant a 1 el bit GIE i d'altres que necessiten tenir a 1 el bit PEIE i a més a més tenir activat el bit d'activació individual.

El registre principal que controla les interrupcions és el INTCON (direccions 0B i 8B). Aquest registre s'utilitza per tenir un control global de les interrupcions i per indicar la procedència d'algunes a través dels bits d'estat. L'estructura d'aquest registre es la següent:

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x
GIE	PEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF
bit7						bit0	

figura 30. Mapa del registre INTCON

- **Bit 7: GIE:** Nit d'habilitació global de les interrupcions. És la clau de la porta de sortida de les interrupcions.

1= Habilita totes les interrupcions no emmascarables.

0= Les deshabilita.

- **Bit 6: PEIE:** Bit d'habilitació de les interrupcions de perifèrics.

1= Habilita totes les interrupcions no emmascarables de perifèrics

0= Les deshabilita.

- **Bit 5: TOIE:** Bit d'habilitació de l' interrupció per desbordament del Timer0.

1= Habilita la interrupció del Timer0.

0= La deshabilita.

- **Bit 4: INTE:** Bit d'habilitació de la interrupció externa RBO/INT.

1= Habilita la interrupció del RBO/INT
0= La deshabilita.
- **Bit 3: INTE:** Bit d'habilitació de la interrupció per canvi en el Port B.

1= Habilita la interrupció del Port B
0= La deshabilita.
- **Bit 2: TOIF:** Bit de flag de la interrupció del TMR0.

1= El registre del TMR0 s'ha desbordat (s'ha d'esborrar per software).
0= El registre del TMR0 no s'ha desbordat.
- **Bit 1: INTF:** Bit de flag de la interrupció del RBO/INT.

1= S'ha produït una interrupció externa per RBO/INT (s'ha d'esborrar per software).
0= No s'ha produït la interrupció.
- **Bit 0: RBIF:** Bit de flag de la interrupció per canvi en el Port B.

1= En un dels terminals anteriorment esmentats s'ha produït un canvi d'estat (s'ha d'esborrar per software).
0= El registre del TMR0 no s'ha desbordat.

Les interrupcions tenen un paper molt important en el projecte ja que seran les encarregades d'atendre els element que fan d'interfície entre l'usuari i el microcontrolador. Sense les interrupcions, les crides a les accions que realitzen els polsadors serien més complicades i farien més difícil la seva lectura.

3.4.6. Interfície

La interfície principal (usuari/microcontrolador) la realitza un seguit de pulsadors connectats al port B del microcontrolador. Cadascun d'aquest botons té associat un condensador de 100nF per evitar l'efecte rebot i una funció assignada a partir de la qual l'usuari pot interactuar amb el sistema de climatització del hivernacle. Els pulsadors són els següents:

1. OK:

Aquest pulsador és l'encarregat d'acceptar la opció establerta, es a dir, fins que l'usuari no prem aquest boto, l'opció escollida no és rebuda per el microcontrolador

2. MÉS:

És l'encarregat de controlar els diferents ajustos amb les consignes desitjades. En el cas del mot de pas, augmenta en una unitat el dígit que apareix per pantalla. Mentre que per el que fa a la part de control, augmenta la consigna dels diferents actuadors.

3. MENYS:

Aquest pulsador controla els diferents ajustos amb les consignes desitjades. En el cas del mot de pas, fa disminuir en una unitat el dígit que apareix per pantalla. Mentre que per el que fa a la part de control, disminueix la consigna dels diferents actuadors.

4. MAN/AUTO:

Aquest pulsador té la funció d'activar un dels dos modes possibles; manual o automàtic. Apart de poder sortir de cada mode per entrar al altre.

5. SEG:

Aquest pulsador té la funció de desplaçar-nos per el menú i les diferents opcions de que disposa.

3.4.7. Visualitzador

El display LCD és una de les millors opcions per aplicacions on es desitja mostrar menús a l'usuari o en sistemes de múltiples mesures, on altres opcions per la visualització serien inviables. És un visualitzador de gran utilitat perquè permet regular el nivell de lluminositat i el contrast.



figura 31. Pantalla LCD utilitzada

Al mercat existeixen molts tipus de mòduls de visualització, amb diferents nombres de línies o diferents opcions de visualització de caràcters. En aquest projecte s'ha utilitzat un display de 4 línies x 20 caràcters, de la marca ©Hitachi. El mòdul LCD disposa de 16 pins

Taula 8. Característiques del LCD

Pin	Símbol	E/S	Funció
1	Vss	-	0v
2	Vdd	-	5V ± 0,25V (Tensió positiva)
3	Vc	-	Voltatge contrast
4	RS	E	Selector de dada/Instrucció
5	R/W	E	Selector Escripura/Lectura
6	E	E	Habilitació del mòdul
7	DB0	E/S	Bus de dades
8	DB1	E/S	Bus de dades
9	DB2	E/S	Bus de dades
10	DB3	E/S	Bus de dades
11	DB4	E/S	Bus de dades
12	DB5	E/S	Bus de dades
13	DB6	E/S	Bus de dades
14	DB7	E/S	Bus de dades
15	LED+	-	Contrast de la llum posterior
16	LED-	-	Contrast de la llum posterior

Les línies RS, RW i E són les que es s'utilitzaran a través del microcontrolador per establir la informació que s'introduirà al LCD. El control de la informació que s'envia al LCD segueix un diagrama de temps en funció de l'estat d'aquest pins, tal i com es pot veure a la figura 32.

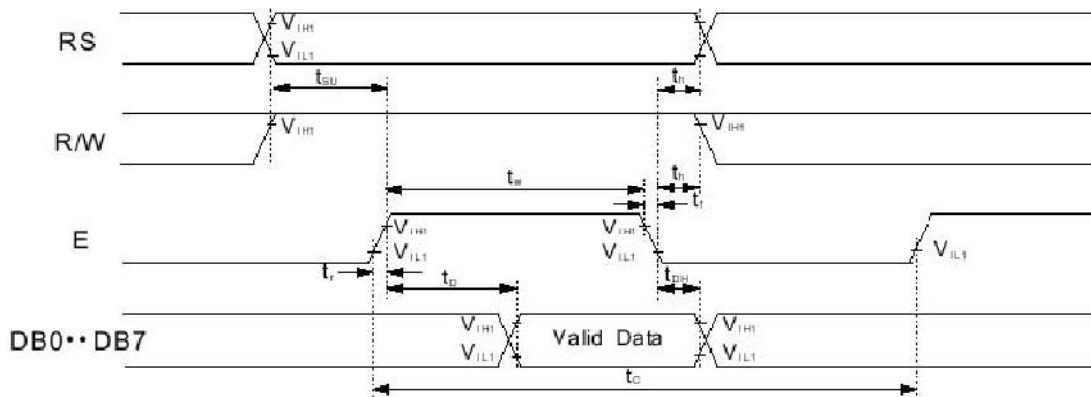


figura 32. Diagrama del temps d'execució del LCD

Els pins Vss, Vdd i Vc, s'utilitzen per el terminal negatiu de la tensió, per el terminal positiu de la tensió i per el voltatge de contrast, respectivament. El voltatge de contrast esta connectat a un potenciòmetre, amb el que podrem regular el contrast dels caràcters.

Els pins DB0-DB7 es tracta del port per on es transmet la informació, en el nostre cas utilitzarem la part alta d'aquest byte.

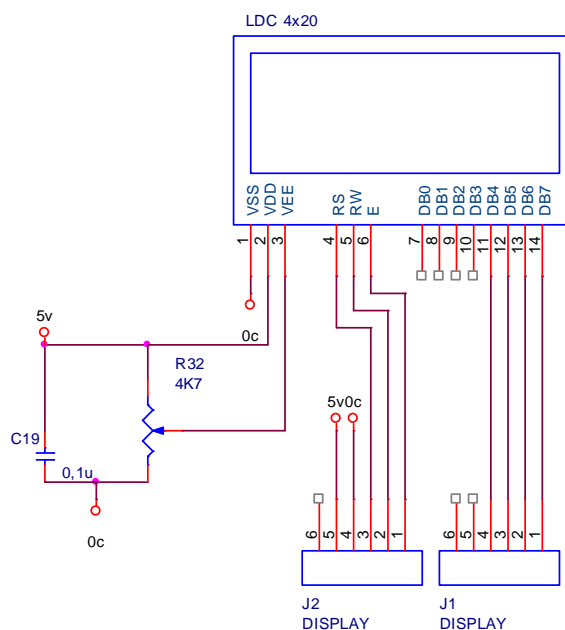


figura 33. Connexionat del LCD al microcontrolador

3.4.8. Etapa de potència

En aquest apartat s'expliquen les senyals de sortida del microcontrolador PIC i els diferents components necessaris per realitzar el control sobre diferents actuadors.

Cadascuna de les senyals que el microcontrolador governa, té un circuit associat per poder actuar sobre els elements de climatització del sistema principal.

Tots els elements actuadors estaran adaptats als requeriments, que en aquest cas, s'aplicarà a la realització d'un prototip que simularà el comportament d'un sistema real.

1. Sortides del microcontrolador

- **VENT1 i VENT2:** Aquestes dues sortides s'encarreguen de controlar la velocitat del ventilador, que s'encarregarà de fer circular l'aire, i possibilitarà la baixada de temperatura. Aquestes dues senyals aniran connectades a un decodificador, que a partir de la combinació d'aquestes, s'obtidran tres velocitats diferents, amb les que es poden regular tres diferents caudals d'aire. Aquesta sortida s'activarà depenen de la senyal del sensor de temperatura i de la consigna que s'hagi establert.
- **NEBU:** Referent al nebulitzador. S'encarregarà d'activar l'humidificació del recinte. Aquesta senyal serà activada depenen de la senyal del sensor de humitat i consigna que s'hagi establert.
- **ESCALFA:** Referent a la calefacció. S'encarrega d'activar el sistema calefactor. Aquesta senyal serà activada, depenen de la senyal del sensor i consigna que s'hagi establert.
- **ESCALFA EMER:** Referent a la calefacció. S'encarrega en cas d'emergència d'activar el calefactor secundari. Aquest senyal serà activat en cas que en un temps determinat no s'assoleixi la temperatura determinada per consigna.
- **LAMPADES:** Fa referència a l'il·luminació. S'encarrega d'activar la il·luminació artificial del recinte. Aquesta senyal serà activada depenen de la senyal del sensor de intensitat llumínica i de la consigna que s'hagi establert.
- **MALLA:** Aquest senyal s'encarrega d'habilitar la malla d'ombrejat. S'activarà com a mesura d'emergència de refredament del interior o en cas que l'usuari desitgi mantenir la malla posada.

2. Entrades de control

- **DOMALLA** : Aquesta senyal esta referida a informació provinent de l'estat de la malla. És bàsicament un microruptor que indica si la malla s'ha desplegat correctament.
- **DTMALLA**: Aquesta senyal esta referida a informació provinent de l'estat de la malla. És bàsicament un microruptor que indica si la malla s'ha recollit correctament.
- **DTENTRADA**: Aquesta senyal esta referida a informació provinent de la entrada del recinte del hivernacle. A mode d'informació per el usuari s'indicarà l'estat de la porta.

Els components utilitzats per la realització de la simulació d'un sistema de climatització d'un hivernacle han sigut escollits segons els elements que s'assimilen als components reals que podria incorporar.

Segons això s'ha establert una comparació entre els components que s'utilitzen en el prototip i els components reals que es controlen.

- Per a la substitució del sistema de ventilació de l'hivernacle, s'utilitza un ventilador de 12 V de continua amb un consum d'uns 100 mA, que es controla amb la sortida VENT1 i VENT2. Aquest ventilador te la possibilitat de funcionar a 3 velocitats . Depenen de la velocitat, s'activaran tres leds que indicaran la velocitat de funcionament.

A mode que el sistema del recinte pugui respondre en cas que la temperatura augmenti encara que estigui activat la circulació del aire a la màxima velocitat. S'ha introduït una malla d'ombrejat per evitar l'efecte hivernacle. Tot i que s'utilitza també perquè el sistema pugui fer disminuir la temperatura en cas de tenir una temperatura massa elevada. Aquesta esta controlada per la sortida MALLA i s'indica amb un led si esta desplegada.

- Per a la substitució del sistema d'humidificació, en el que s'utilitzaria tot un seguit de nebulitzadors, s'utilitzarà un segon ventilador de 12 V, que conjuntament amb l'activació d'un led, indicarà que el sistema d'humidificació esta activat. Aquest serà controlat per la sortida NEBU.
- Per a la substitució del sistema de calefacció, el qual s'utilitzaria calefactores distribuïts per el recinte, s'utilitza una resistència d'elevada potencia que s'ubica davant del mateix ventilador de distribució d'aire,

que en aquest cas degut a la posició de la resistència introduirà aire calent. Aquest funcionament esta indicat per un led i controlat per la sortida de ESCALFA.

A mode que el sistema pugui disposar d'una resposta en cas de que no s'assoleixi la temperatura desitjada per la calefacció en un cert temps, s'ha introduït un sistema de calefacció addicional, el qual s'activa gràcies a la sortida ESCALFA EMER. Aquesta sortida activa una alarma d'emergència, amb la resistència escalfant i amb el ventilador a màxima velocitat.

- Per a la substitució del sistema d'il·luminació artificial del recinte, en el que s'utilitzaria tot un seguit de làmpades distribuïdes per el recinte, s'utilitzen quatre leds que simulen la il·luminació artificial. Aquest està controlada per la sortida LÀMPADES.
- Per a la substitució dels diferents sensors de proximitat que s'utilitzen com són DOMALLA, DTMALLA i DTENTRADA. S'utilitzen tres conmutadors amb el que es simula la senyal corresponent, canviant la posició directament i senyalitzant-ho amb un led.

A mode de resum es mostra en la següent taula, les senyals de sortida que controlen el sistema simulat i les senyals d'entrada del

Taula 9. Resum de sortides i actuadors utilitzats

SORTIDES	ACTUADOR	VISUALITZACIÓ	INFORMACIÓ VISUALITZACIÓ
VENT1. VENT2.	Ventilador1 (100 mA)	(3 Leds	Diferents velocitats
NEBU.	Ventilador2 (100 mA)	1 Led	Activitat humidificador
ESCALFA.	Ventilador1 Res	+ 1 Led + 1 Led	Activitat calefacció + Velocitat1 Ventilador
ESCALFA EMER.	Ventilador1 Res	+ 1 Led + 1 Led + 1Led	Activitat calefacció + Veclocitat3 Ventilador + Emergència.
LAMPADES	-	4 leds	Activitat il·luminació
MALLA	-	1 led + 1 led	Malla desplegada + Emergència
ENTRADES			
DOMALLA	-	1 Led	Estat Entrada
DTMALLA	-	1 Led	Estat Entrada
DTENTRADA	-	1 Led	Estat Entrada

Per dur a terme l'activació dels diferents actuadors cal adequar la senyal de sortida del diferents ports de sortida del microcontrolador, ja que aquests tenen limitacions y només permeten treballar amb càrregues de baix consum.

Taula 10. Característiques de les sortides del PIC

Màxima corrent de sortida a nivell alt per un pin de I/O	25 mA
Màxima corrent de sortida a nivell baix per un pin de I/O	20 mA
Màxima corrent de sortida a nivell alt per el port A	80 mA
Màxima corrent de sortida a nivell baix per el port A	50 mA
Màxima corrent de sortida a nivell alt per el port B	150 mA
Màxima corrent de sortida a nivell baix per el port B	100 mA

És per això que s'utilitzen un seguit de components que són explicats a continuació, els quals ens permet confeccionar l'etapa de potencia.

74LS139: Aquest integrat és un decodificador que es fa servir per aconseguir, que a través de les dues senyals de VENT1 i VENT2 podem establir tres senyals per controlar la velocitat del ventilador.

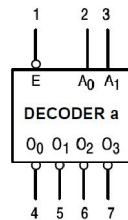


figura 34. Esquema del 74LS139

Taula 11. Entrades i sortides del 74LS139

INPUTS			OUTPUTS			
E	A ₀	A ₁	O ₀	O ₁	O ₂	O ₃
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	H	L	H	L	H	H
L	L	H	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

74LS04: Es tracta d'un inversor. Aquest integrat s'utilitza per invertir les senyals provinents del 74LS139, ja que les sortides d'aquest treballen amb lògica negada.

ULN2803: Aquest integrat és bàsicament un conjunt de vuit transistors amb un col·lector comú en configuració Darlington que es capaç de controlar elevades corrents y tensions. En cada un dels pins d'aquest integrat es connecten les diferents sortides del microcontrolador.

L' utilització d'aquest component és degut principalment a que actuarà sobre els diferents actuadors i components de visualització. Per una altra banda facilita el disseny del circuit, ja que amb la utilització d'aquest integrat es pot prescindir de la resistència de base i dels díodes en antiparal·lel per evitar els pics de f.e.m al desconnectar els diferents relés, ja que tot això ve integrat.

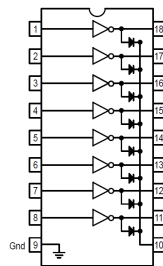


figura 35. Estructura externa del integrat

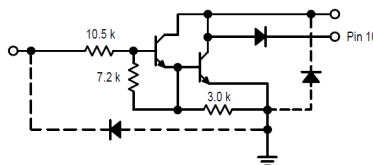


figura 36. Estructura interna del integrat

Relés: El relés utilitzats en l'etapa de potencia actuen com a interruptors per excitar els diferents actuadors (ventiladors, resistències de potencia, led's, etc). Es tracta de relés de la marca ©Finder model 40.31, per circuit imprès.

CAPÍTOL 4: SOFTWARE

En el següent capítol s'explicarà el funcionament del software de la unitat de control del projecte realitzat. Les explicacions es realitzen a un nivell superior degut a que qualsevol persona que llegeixi aquest capítol pugui entendre tot el que s'explica.

Un dels aspectes més importants d'aquest capítol són els diagrames de flux que formen el software. Aquests ajuden a explicar bé totes les funcions internes . Per entrar més en profunditat al codi emprat per programar el microcontrolador, cal mirar el seu annex corresponent.

4.1. Descripció general

Alhora d'utilitzar un llenguatge per programar un microcontrolador, cal tenir present que sigui un llenguatge dinàmic, que sigui fàcil d'entendre i fàcil d'estructurar.

Per programar el microcontrolador, un persona es pot decantar per el llenguatge a baix nivell (assembler) o per contra, per un llenguatge d'alt nivell (C, pascal, Delphi etc) . Per la realització del projecte s'ha utilitzat un llenguatge d'alt nivell com el llenguatge C, ja que és un llenguatge molt complet i a diferencia d'un llenguatge de baix nivell és més senzill i alhora menys difícil de tractar.

Un dels principals avantatges del llenguatge d'alt nivell és el fet de poder realitzar funcions i així poder separar parts de programa i fer-les per separat. El fet de fer funcions que estiguin dins d'altres funcions és de molta utilitat ja que es poden separar parts de programa que mereixin un tractament especial d'altres que siguin de caràcter general.

4.2. Compilador CCS C

El compilador C de CCS ha estat realitzat específicament per els PIC MCU, obtenint així la màxima optimització del compilador amb aquests dispositius. Disposa d'una ampla llibreria de funcions predefinides, directives de processament de dades i exemples. A més a més subministra els controladors (drivers) per diversos dispositius com són el LCD, convertidors AD, rellotges en temps real, EEPROM sèrie, etc.

Un compilador transforma el llenguatge d'alt nivell a instruccions en codi maquina. El compilador CCS C és un *cross-compiler* (un compilador que funciona en un processador). Els programes són editats i compilats a instruccions maquina en l'entorn de treball del PC, el codi maquina pot ser carregat del PC al sistema PIC mitjançant el ICD2 o qualsevol altre programador i després ser depurat des de l'entorn del PC. En el cas d'aquest projecte, s'ha utilitzat el Pickit2.

El CCS C és estàndard i apart de les directives generals (`#include`, etc), subministra unes directives específiques pel PIC (`#device`, etc). A més a més inclou funcions específiques (`bit_set()`, etc). Es subministra amb un editor que permet controlar la sintaxi del programa.

Aquestes i més són les característiques principals de la eina amb la qual es programa la unitat de control.

4.3. Inicialització

A la figura 37 es mostra el procés d'inicialització del projecte realitzat. Sent cadascuna de les etapes explicades a continuació:

Aquesta rutina és la base del programa principal i és l' inici de tota la programació que comporta l'aplicació realitzada. Tal i com s'ha explicat anteriorment el fet de realitzar funcions que siguin incorporades dins d'altres funcions té el gran avantatge de que la estructura principal del programa es redueix considerablement, utilitzant en conseqüència molta menys memòria.

A primera vista l'estructura principal és una inicialització de variables i després crides a funcions que seran la base dels 2 modes de funcionament principals.

Primerament es realitza la inicialització de variables que seran les que controlaran el programa principal així com les consignes inicials de temperatura, humitat, etc. Posteriorment es mostrarà un missatge inicial que serà el primer missatge que observi l'operari en el moment d'encendre la controladora.

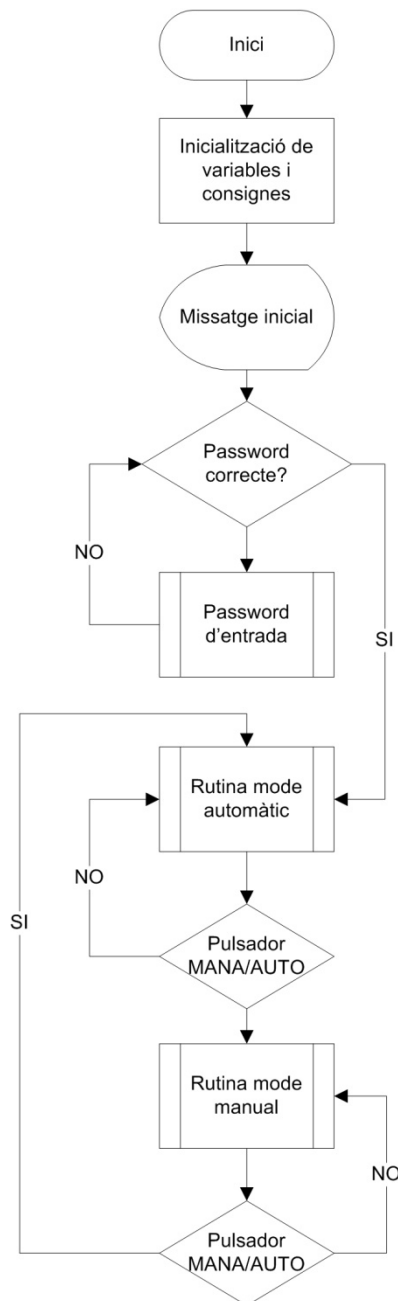


figura 37. Diagrama de flux de la rutina inicial

El fet que qualsevol persona pugui entrar dins el hivernacle i pugui modificar la temperatura interior, etc, no ens interessa. Aquesta mesura de seguretat es realitza mitjançant la introducció d'una clau de pas.

Això és realitzat mitjançant la crida a una rutina que conté tot el codi en el que es basa aquesta aplicació. Sempre que no s'introdueixi correctament aquest password no es podrà realitzar cap modificació dins de l'hivernacle.

Una vegada s'introdueix el password correcte es passa a escollir entre els dos modes de funcionament (automàtic i manual). Inicialment s'inicialitza el mode automàtic ja que és la part més important de l'aplicació, però mitjançant el polsador MAN/AUTO es podrà escollir entre un mode o un altre de funcionament. Aquestes rutines dels modes de funcionament sempre estaran activades mentre no s'activi el polsador de MAN/AUTO.

4.4. Rutina del password

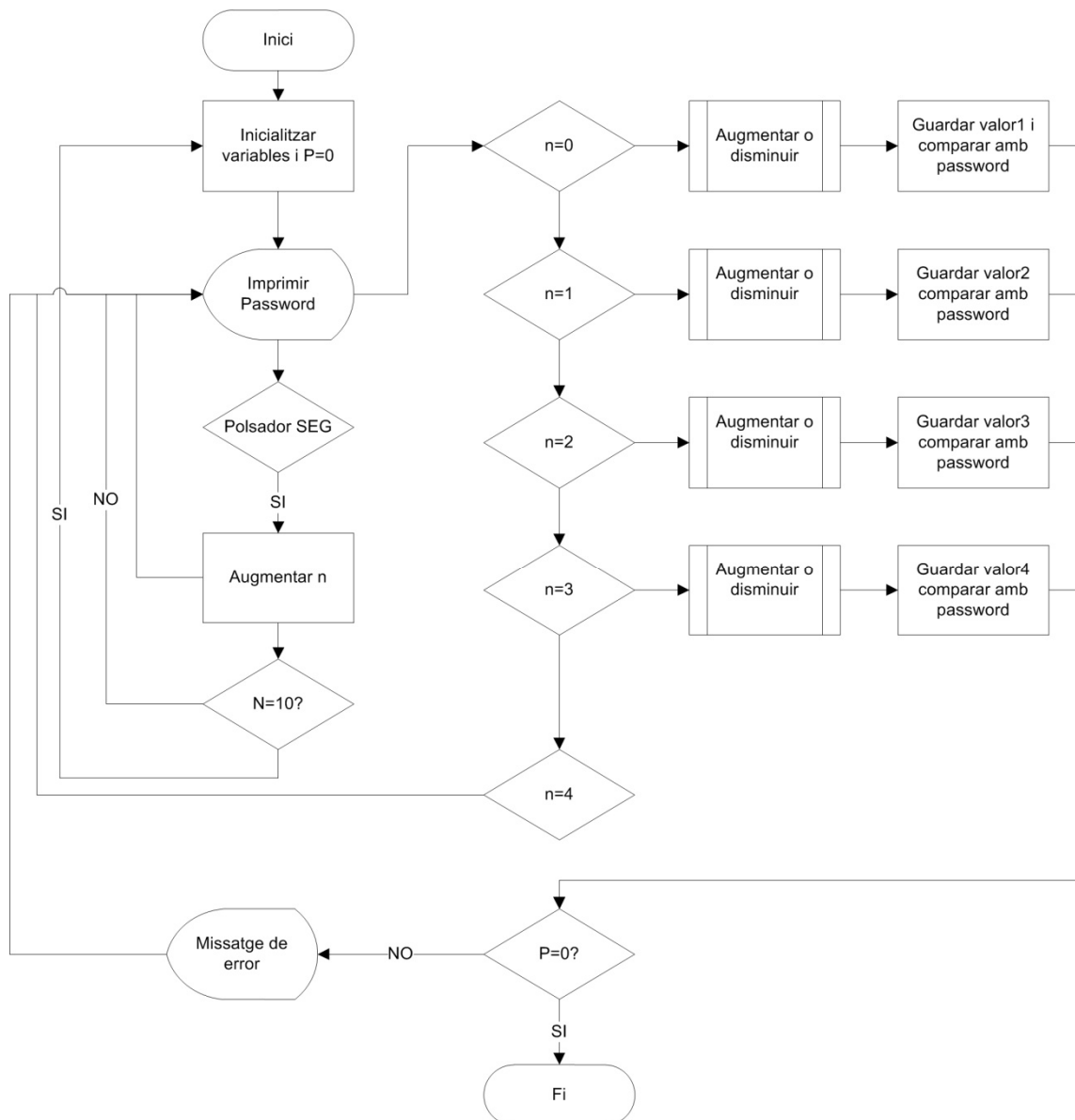


figura 38. Diagrama de flux de la rutina del mot de pas

La figura 38 mostra el funcionament en el que es basa el codi de la introducció del password. Es basa en 4 variables les quals són modificades mitjançant un polsador que incrementa el seu valor i mitjançant un segon polsador el qual va canviant de variable a modificar

Inicialment la rutina realitza una inicialització de variables tant a nivell de mobilitat del programa com a valor del password a introduir.

Posteriorment es mostra el valor del nombre de 4 dígitos el qual formarà el password. Mitjançant el polsador SEG s'escull quina variable es vol augmentar o disminuir. Una vegada decidit quina variable es vol modificar, es passa a modificar aquesta variable augmentant o disminuint el seu valor.

Tant bon punt s'hagi introduït el valor corresponent de cada dígit, es realitza la comparació amb el password mitjançant el polsador OK.

Tal i com es mostra a la figura anterior, si s'activa el polsador OK i la comparació de cada valor amb l'original ha estat correcte, la rutina finalitzarà i es passarà al mode automàtic segons el diagrama de flux principal. En cas contrari es tornarà als valors inicials i no es sortirà d'aquesta rutina.

4.5. Rutina del menú automàtic

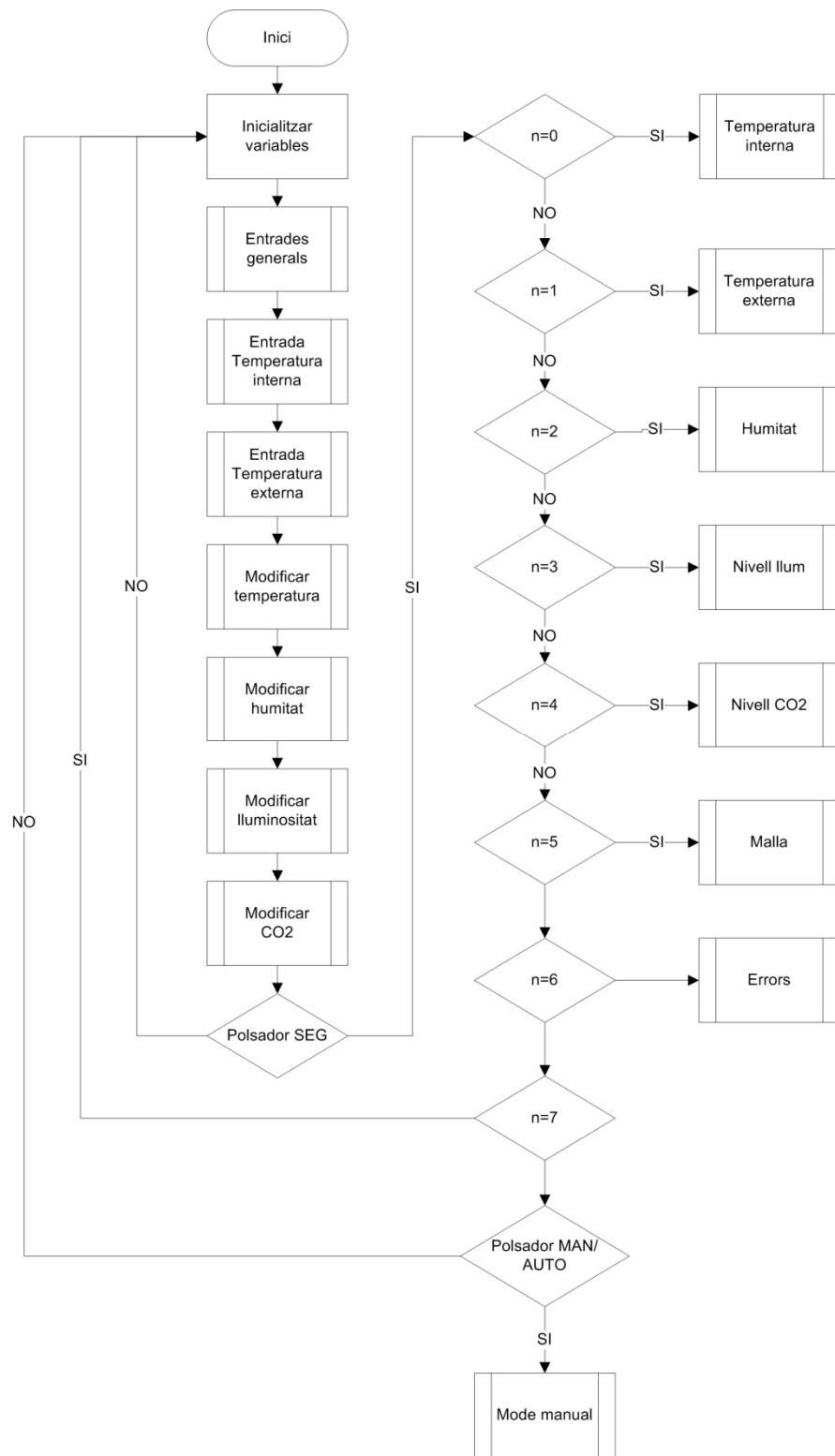


figura 39. Diagrama de flux del mode Automàtic

A primera vista, aquesta funció està formada per múltiples rutines que realitzen unes funcions concretes i altres funcions que tenen el propòsit de poder interactuar amb el menú del mode automàtic.

Una vegada realitzada la crida a aquestes funcions, es passa a controlar quin serà el paràmetre a visualitzar o depenent del cas, a modificar. Mitjançant el polsador SEG s'anirà passant de pantalles on a cadascuna es podrà visualitzar una variable en concret. Cal tenir present que cada pantalla serà una funció que controlarà aquesta visualització o control de les consignes .

El fet de que en aquest menú s'inclogui també el control de totes les variables, es basa en que quan s'estigui executant aquest mode serà l'únic moment en el qual es controlen les variables. Un altre aspecte a destacar és el fet que activant el polsador de MAN/AUTO es passa del mode automàtic al manual. Aquest polsador en aquest cas realitzarà la funció de tornar enrere.

Tal i com s'observarà més endavant, la part del menú manual a aquestes crides no hi seran i per tant només seran actives en aquest mode de funcionament. A continuació es detallaran cadascuna d'aquestes funcions

4.6. Rutina del control de la temperatura

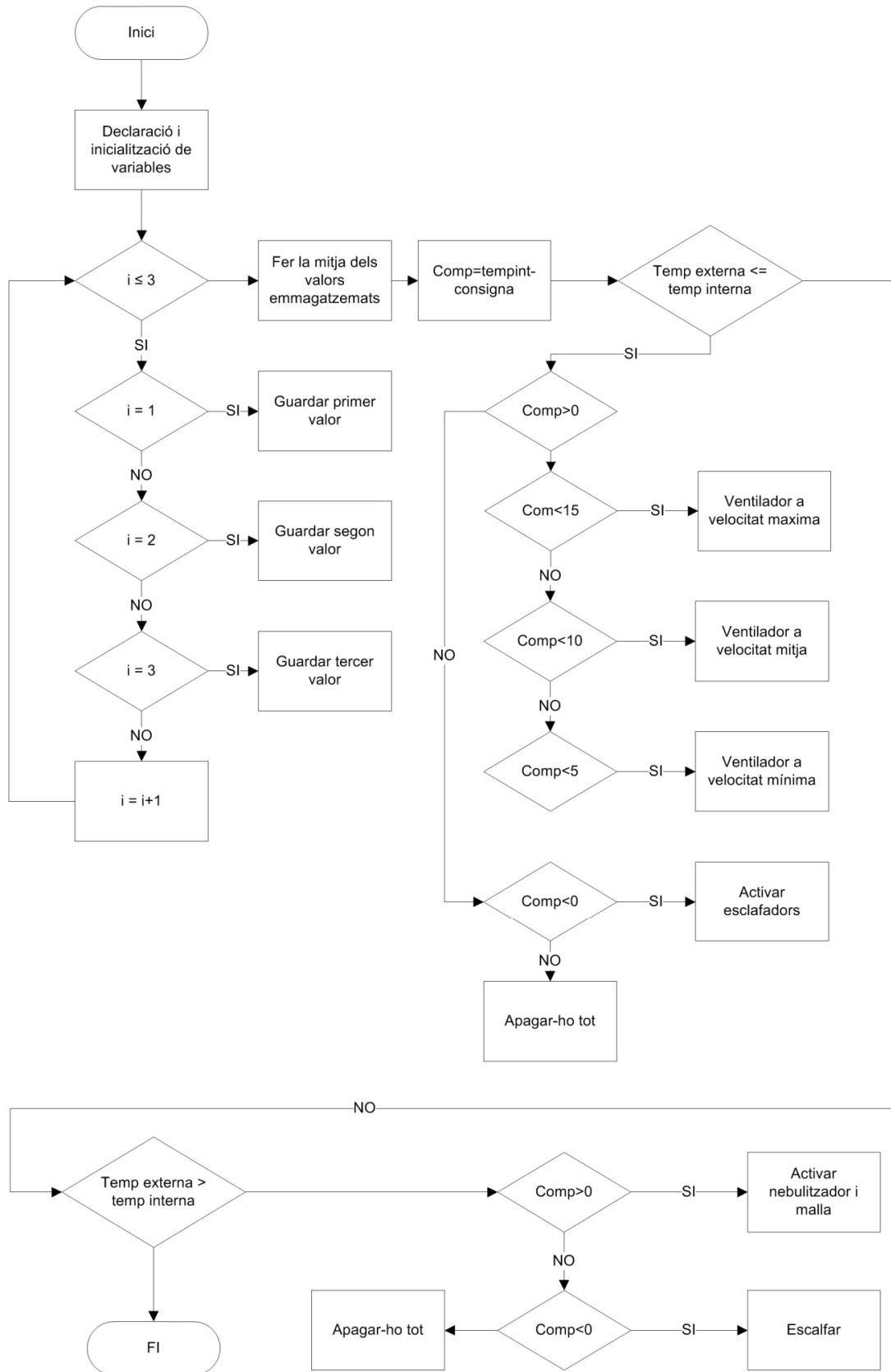


figura 40. Diagrama de flux del control de temperatura

Inicialment es realitza la inicialització de les variables que controlen aquesta rutina. Posteriorment es realitza la mitjana de varies mesures. Això es degut a que si es realitzessin les modificacions respecte a una consigna, respecte una mesura, aquest valor de temperatura variaria constantment.

La mitjana es realitzarà mitjançant l'adquisició de 3 mesures separades entre si un temps en concret i després la realització de la mitjana entre elles. Una vegada s'ha adquirit el valor de temperatura i s'ha tractat correctament per posteriorment ser modificat, es podrà realitzar el control de la temperatura interna. Aquest punt és la base de la rutina.

Per modificar la temperatura s'ha tingut en compte, com a punt molt important, el fet que la temperatura interna sigui diferent de la externa. Depenent de si la temperatura externa és més elevada que la interna s'escalfa i es refreda d'una manera, i si la temperatura externa és més elevada que la interna, s'escalfa i es refreda d'un altre manera. Així s'optimitzen recursos i no es desaprofiten unes condicions climàtiques que en un dels casos són favorables.

Una vegada diferenciat aquest aspecte es passarà a escalfar o refredar depenent de si la consigna és major o menor a la temperatura interna. En el següent apartat s'explicarà quins criteris s'han seguit alhora de refredar o escalfar.

4.6.1. Temperatura externa menor que temperatura interna

Aquesta situació és la més comú als hivernacles ja que normalment els hivernacles s'utilitzen en èpoques on la temperatura externa és més baixa que la temperatura interna. Un exemple clar és el cultiu en època hivernal. Les accions a realitzar són les següents:

1. Disminuir temperatura interna:

El fet de disminuir la temperatura interna es basa en l' utilització d'un ventilador amb 3 posicions depenent de la tensió que li apliquem. Aquestes velocitats dependran de la diferencia de temperatura entre la consigna i la temperatura interna. Cal tenir present que aquesta diferenciació es realitza per aconseguir una major velocitat alhora de refredar l' hivernacle.

- Diferencia de temperatura ≤ 15 : Activar ventilador a velocitat màxima.
- Diferencia de temperatura ≤ 10 : Activar ventilador a velocitat mitja.
- Diferencia de temperatura ≤ 5 : Activar ventilador a velocitat mínima.

2. Augmentar temperatura interna

Per augmentar la temperatura interna cal comparar la temperatura interna amb la consigna. Si la consigna és major que la temperatura interna cal escalfar l'hivernacle mitjançant els escalfadors.

4.6.2. Temperatura externa major que temperatura interna

1. Disminuir temperatura interna

En aquest cas s'activaran els nebulitzadors, els quals, amb les partícules d'aigua fan disminuir la temperatura mode complementari, es col·locarà una malla que no deixarà passar els rajos solars i farà disminuir la temperatura. L'acció d'activar la malla porta una rutina especial que s'explicarà en següents apartats.

2. Augmentar temperatura interna

Per augmentar la temperatura interna caldrà escalfar l'hivernacle mitjançant els escalfadors al igual que en el cas anterior. És indiferent el fet que la temperatura externa i la interna siguin una més elevada que l'altre o a l'inrevés.

4.7. Rutina del control de la lluminositat

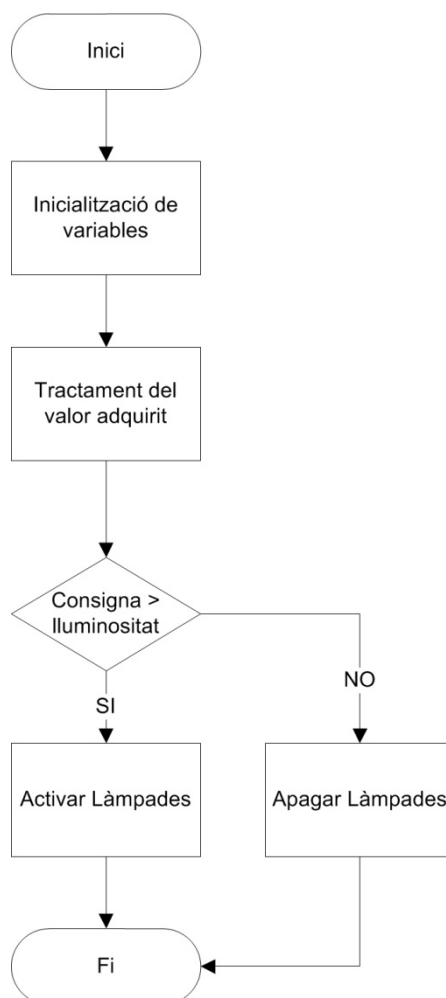


figura 41. Diagrama de flux del control de nivell de llum

La rutina del control del nivell de llum es basa bàsicament en la comparativa entre el nivell de llum actual i una consigna introduïda a la pantalla de visualització. Inicialment es realitza una inicialització de les variables que s'utilitzen al llarg d'aquesta rutina.

El fet d'adquirir un valor mitjançant el convertidor analògic/digital, no dona la total llibertat de comparar-ho amb el valor que es vulgui ja que directament el convertidor no proporciona nivells de lluminositat. Degut a això, aquest valor adquirit mitjançant el convertidor analògic/digital ha de ser tractat en aquest moment per així poder comparar el valor introduït de consigna (en lux) amb el valor adquirit.

Una vegada tractat aquest valor, es compara el valor de la consigna amb la lluminositat existent. Si la consigna és més elevada que la lluminositat existent, s'activaran les làmpades. Si es en cas contrari, s'apagaran les làmpades.

4.8. Rutina del control de la humitat

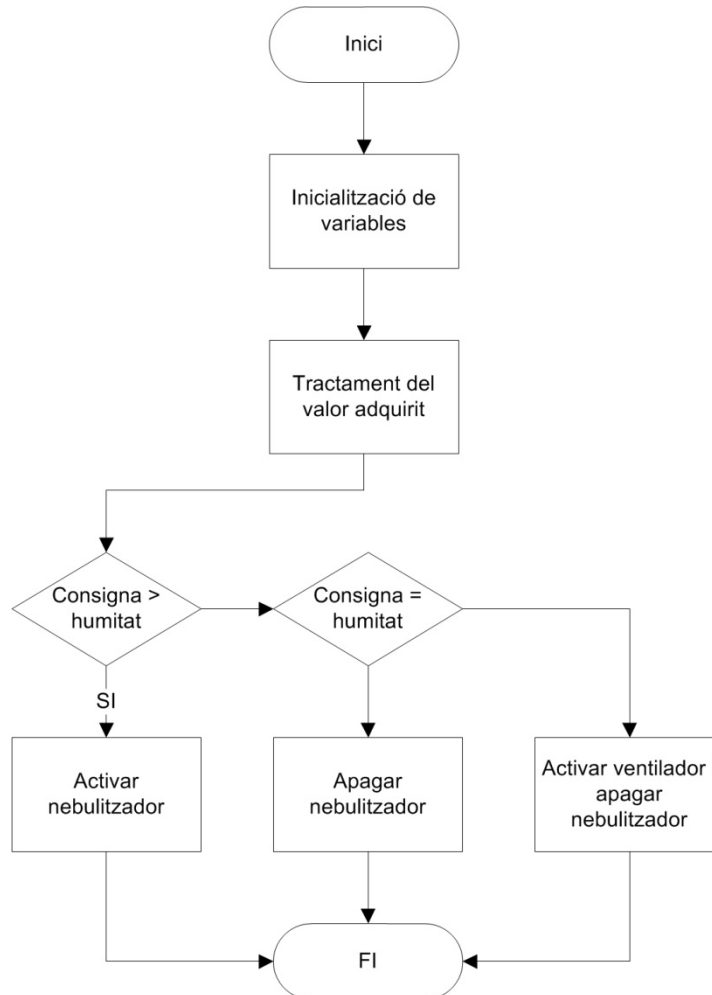


figura 42. Diagrama de flux del control del nivell d'humitat

La rutina de modificar la humitat existent és més complexa que la rutina anterior. En aquesta, a diferència de l'altra, hi haurà un altre cas on s'activaran unes altres sortides ja que no només s'apaga l'actuador en sí. Tot i això, hi ha parts comuns que són la base de la rutina i són necessàries per realitzar la modificació. Les parts comuns són la inicialització de les variables i el tractament del valor adquirit mitjançant el convertidor analògic/digital.

Posteriorment, es compara el valor de consigna d'humitat desitjada amb el valor de la humitat instantània. Si la consigna és més elevada que la humitat actual, s'activaran els nebulitzadors i faran augmentar l'humitat actual.

Si per cas contrari la humitat actual i la consigna són iguals, els nebulitzadors s'aturarà. En canvi, si no és cap d'aquests casos, vol dir que la consigna és menor. En aquest cas, s'activarà el ventilador i s'aturarà el nebulitzador per fer reduir l'humitat existent.

4.9. Rutina general

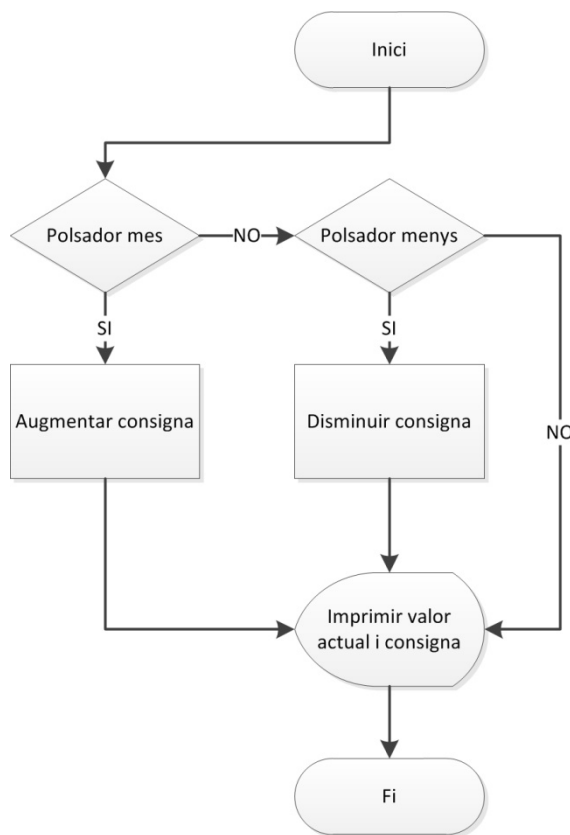


figura 43. Diagrama de flux de la rutina general per el menú

El fet d'englobar i anomenar una rutina amb el nom de rutina general, és degut a que totes les rutines on visualitzarem el valor actual d'una variable física i es podrà augmentar o disminuir la consigna corresponent, són iguals en tots els casos. L'única diferència que existeix entre una i un altre és la variable física que es visualitza i el increment de valor de la consigna. A mode d'exemple, per temperatura cada augment correspondrà a 0.1°C mentre que la lluminositat correspondrà a 10 Lux.

La rutina es basa que mitjançant un polsador es pot augmentar la consigna i mitjançant l'altre valor disminuirà la consigna. Cal afegir que la consigna inicial, ve donada mitjançant una variable inicialitzada en el programa principal.

El gran avantatge d'aquesta rutina és el fet de poder visualitzar la consigna i la variable física en un mateix lloc i en tot moment tenir el control d'aquesta.

4.10. Rutina del menú manual

El mode manual es basa en poder activar cadascuna de les sortides per separat sense haver de modificar les consignes que apareixen en el mode automàtic. Es pot prendre com un mode per detectar errors o en un cas extrem per poder activar elements de sortida lliurement. La figura 44 mostra el diagrama de flux del menú del mode manual.

Aquest diagrama té un funcionament molt semblant al del mode automàtic ja que el principi de funcionament és el mateix. A diferència del mode automàtic, en aquest cas, no es realitza la crida a les rutines de modificació de temperatura, humitat etc, ja que en el mode manual no interessa actuar sobre aquests paràmetres. Únicament està format per rutines que tenen per propòsit el poder interactuar amb els actuadors de l' hivernacle.

Mitjançant el polsador SEG s'anirà passant de pantalles on a cadascuna es pot visualitzar quin tipus d'actuador s'activa. Sempre diferenciant-ho per tipus d'actuador. Cal tenir present que cada pantalla serà una funció que controlarà un tipus d'actuador.

Un altre aspecte a destacar és el fet que activant el polsador MAN/AUTO es passa del mode manual al mode automàtic. El gran avantatge de poder tornar enrere és la gran mobilitat que li suposa a l'operari poder canviar d'un mode de funcionament a un altre en amb només un polsador

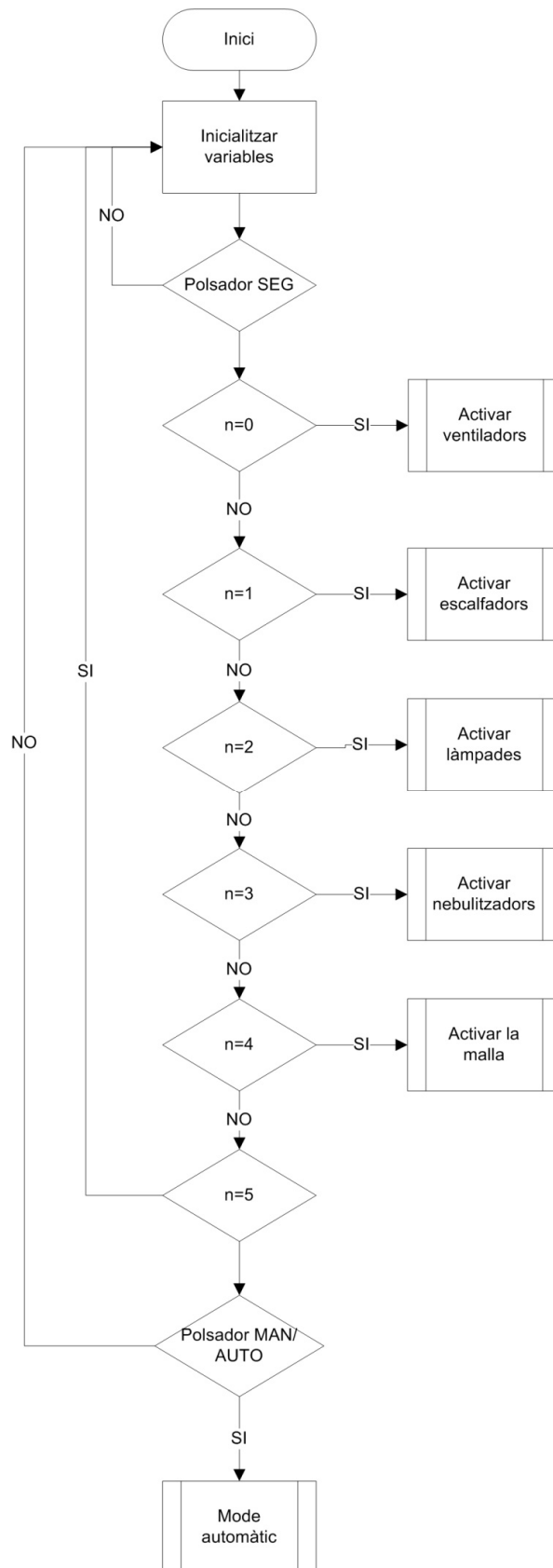


figura 44. Diagrama de flux del menú en mode manual

4.11. Rutina d'activació de sortida manual

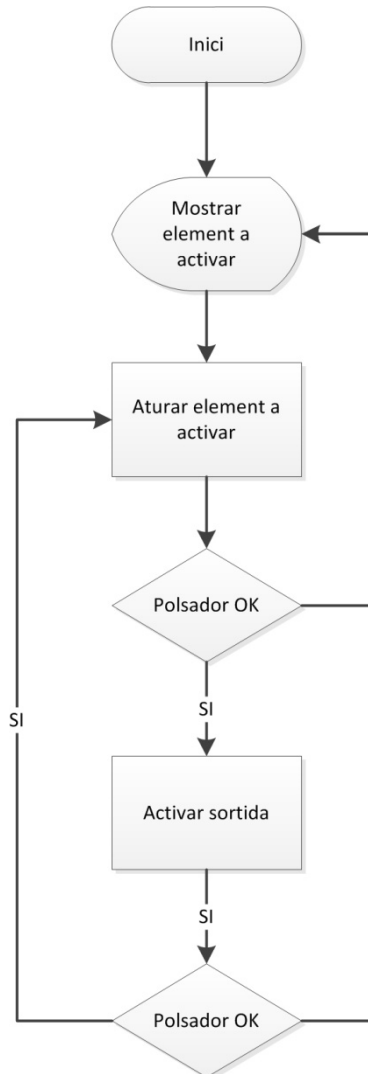


figura 45. Diagrama de flux de l'activació de la sortida en el mode manual

Al igual que en el cas anterior, pel que fa al mode manual la part d'activar qualsevol element, és igual en tots els casos. L'única diferència és l'element que s'activarà depenent de la pantalla en la que es trobi l'operari en aquell moment. Inicialment es mostra l'element a activar i posteriorment, mitjançant el pulsador OK, s'activarà la sortida corresponent. La sortida romandrà activada fins que no sigui polsat un altre cop el pulsador OK

El fet de fer que la sortida s'activi i es desactivi mitjançant un pols al OK és degut a poder realitzar un manteniment segur. Si cal realitzar una reparació, per controlar si la sortida està activa, serà convenient que la sortida estigui activada

tot i no estar en contacte amb el mòdul controlador ja que així es pot mesurar si existeix tensió en aquell punt.

Això farà possible que un sol operari realitzi la reparació de la sortida. Aquesta rutina és un bucle on s'activarà la sortida i es desactivarà. Cal precisar que si la sortida està activada, no es podrà abandonar la pantalla i caldrà desactivar la sortida prèviament.

4.12. Rutina d'activació de la malla

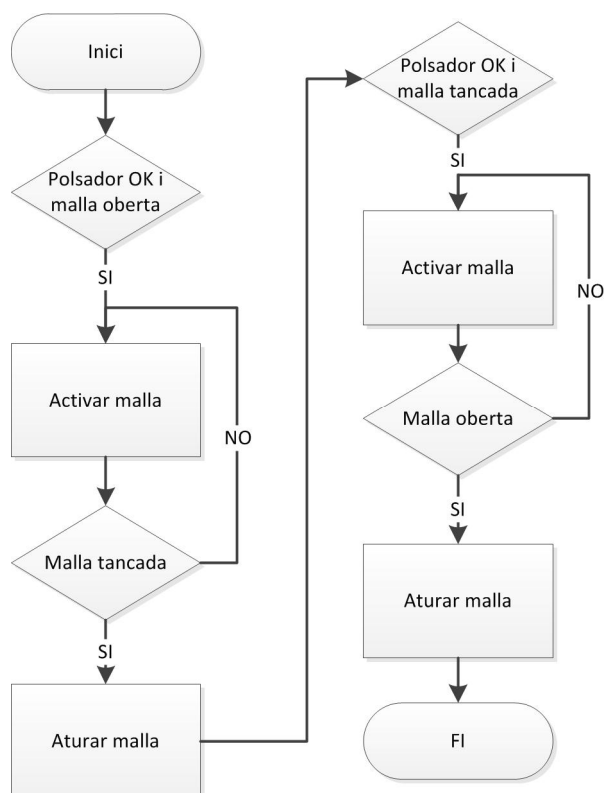


figura 46. Diagrama de flux de l'activació de la malla

L'activació de la malla requereix un tractament diferent de qualsevol actuador anteriorment esmentat. A diferència de per exemple les làmpades, aquestes, les activem aplicant tensió entre els seus terminal i les podem aturar quan desitgem. En el cas de la malla no, ja que disposem d'uns finals de carrera que limiten el seu recorregut.

Si polsem el OK per activar la malla i aquesta està tancada, posarem en marxa el motor que mou la malla. Una vegada arribi al final s'aturarà. Per fer el moviment contrari, si la malla està tancada i polsem el OK, la malla retrocedirà fins que arribi al final i s'aturi. Així aconseguim reduir energia ja que no tenim constantment activada una electrovàlvula o cap element semblant.

ANNEX

MEMÒRIA ECONÒMICA

ÍNDIX MEMÒRIA ECONÒMICA

CAPÍTOL 1: COST DEL PROTOTIP	89
CAPÍTOL 2: COSTOS D'EQUIPAMENT	91
CAPÍTOL 3: COSTOS D'ENGINYERIA.....	92
CAPÍTOL 4: COST TOTAL DEL PROJECTE.....	94
CAPÍTOL 5: ANÀLISI D'UNA PRODUCCIÓ EN SÈRIE	95
5.1.1. Estudi de costos.	95

CAPÍTOL 1: COST DEL PROTOTIP

Ja que la realització del prototip necessita de tot un ventall de components per la seva realització que genera directament un cost. S'han agrupat els diferents elements en un llistat, agrupant els components de major utilització com poden ser resistències, condensadors, etc.

La finalitat és la d'analitzar els cost global del prototip deixant el marge el cost dels elements individuals, que estan sotmesos a variacions de preu. Tots els costos dels elements han estat agafats amb el I.V.A. inclòs.

Taula 12. Llistat de materials

Element	Quantitat	Preu Unitari	Preu Total
Placa Posv. 1 cara PCB 100x160	1	5,40€	5,40€
Placa Posv. 2 cara PCB 125x165	2	7,20€	14,40€
Placa Posv. 1 cara PCB 60x80	1	2,30€	2,30€
Transformador encapsulat 36VA 2x0-12V	1	15,96€	15,96€
Pont rectificador	1	0,65€	0,65€
LM7812	1	0,48€	0,48€
LM7805	1	0,32€	0,32€
LM7905	1	0,71€	0,71€
Dissipadors	3	0,55€	1,65€
Díodes LED	5	0,19€	0,98€
Díodes LED 12V	10	0,29€	2,90€

Element	Quantitat	Preu Unitari	Preu Total
Condensadors	-	6,00€	6,00€
Conjunt de resistències (1%, ¼W)	-	4,80€	4,80€
Regletes de connexió	-	3,20€	3,20€
LM35 (Temperatura)	3	1,40€	4,20€
HIH-4000 (Humitat)	1	23,20€	23,20€
Fotodíode (llum)	1	2,35€	2,35€
Operacionals UA741	7	0,33€	2,35€
PIC16F877A	1	5,86€	5,86€
LCD Display	1	15,30€	15,30€
Polsadors PCB	-	7,15€	7,15€
Cristall de quars	1	0,72€	0,72€
ULN2803	1	1,83€	1,83€
Relés	8	2,46€	19,71€
Potenciòmetres Multi volta	5	0,79€	3,98€
74LS139	1	0,67€	0,67€
Connectors	-	3,35€	3,35€
Cablejat	-	5,00€	5,00€
Estany	-	3,40€	3,40 €
TOTAL			158,82 €

CAPÍTOL 2: COSTOS D'EQUIPAMENT

A part de tots els components per realitzar la maqueta, també cal tenir present els costos de l'equipament per dur a terme el projecte. És a dir, les eines necessàries per l'anàlisi i construcció, a mode de laboratori.

Taula 13. Costos d'equipament

Equipament	Preu
Oscil·loscopi PDS5022 de dos canals de 25MHz de ample de banda i 100MS/s	290 €
Font d'alimentació regulable Model PS603	90 €
Isoladora de plaques	250 €
Productes Isoladors	40 €
Trepant de plaques	80 €
Estació de Soldadura	150 €
Equip de programació de Microcontroladors	300 €
TOTAL	1200

CAPÍTOL 3: COSTOS D'ENGINYERIA

Després d'estudiar els diferents costos de muntatge, també cal tenir present els costos de mà d'obra. Aquest costos de mà d'obra inclouen el temps d'estudi i muntatge que en aquest cas un enginyer ha dedicat per la realització del projecte.

El cost habitual per hora d'un enginyer junior està al voltant dels 20 o 25 €. Cal destacar, que el cost habitual no es correspon amb un benefici net, ja que d'aquí s'han de deduir despeses pròpies del treballador, retencions, seguretat social, etc.

Taula 14. Costos d'enginyeria

Concepte	Hores	Preu/Hora (€)	Total (€)
Estudi Viabilitat	30	30 €	900 €
Disseny Electronic	60	30 €	1800 €
Muntatge Electronic	15	15 €	225 €
Disseny Software	90	30 €	2700 €
Estudi Funcional Circuit	60	30 €	1800 €
Tasques Ofimàtiques	25	12 €	300 €
TOTAL	280		7725 €

A part dels costos d'enginyer, també cal tenir present certes despeses varies referents als diferents costos indirectes com per exemple: Despeses d'instal·lació, despeses de consum de energia, dietes, etc.

Taula 15. Costos varis d'enginyeria

Concepte	Total (€)
Material oficina, informàtic, enquadernacions, impressions, fotocopies	250 €
Telèfon + Internet (1 Any)	840 €
Consum gas i aigua (1 Any)	900 €
Lloguer local (1 Any)	3000 €
Equipament Informàtic	1200 €
TOTAL	6190 €

CAPÍTOL 4: COST TOTAL DEL PROJECTE.

Un cop establert el cost total del projecte, s'ha d'establir un marge de benefici per el que realitza el projecte. Aquest marge de benefici és utilitzat per establir i ajustar el cost del producte final. Donat que en aquest cas s'està treballant sobre un pressupost fictici, es defineix un marge de guanys d'un 15 % sobre el cost final del producte.

Taula 16. Cost total i marge de benefici

Costos principals	totals
Cost Prototip	159 €
Cost Equipament	1200 €
Cost directes d'enginyeria	7725 €
Cost Indirectes d'enginyeria	6190 €
Total del prototip	15.274 €
Marge de guanys (15%)	2246 €
TOTAL	17520 €

CAPÍTOL 5: ANÀLISI D'UNA PRODUCCIÓ EN SÈRIE

Alhora de realitzar els diferents costos econòmics s'ha de tenir present la diferenciació en el cost de realitzar un producte únic o poder realitzar un producte de forma seriada per l' àmbit comercial.

5.1.1. Estudi de costos.

Els diferents passos abans d'una producció en sèrie, son diversos. Com per exemple: Modificacions del prototip, compliment de les diferents normatives, assaigs de normalització, marketing, etc.

Es tracta d'una vegada definit el projecte i seguir-lo seguint les pautes de comercialització i adequació al mercat.

Per aquest estudi s'ha de tenir present, que aquesta adequació serà portada a terme per els que realitzen el projecte.

Ja que estrictament només fa referència a termes econòmics segons les diferents tasques a realitzar, cal adequar el producte perquè sigui competitiu en el mercat. Per això fa falta definir un nombre d'unitats a realitzar en la producció en sèrie, que en aquest cas serà de 500 unitats.

1. Re dissenyar Hardware: 20 h (18 €/hora)

Un cop es tenen tots els esquemes establerts de les diferents parts del projecte i es té la certesa que el seu funcionament es correcte, gràcies al prototip implementat. S'ha d'adaptar els estàndards del format i adequació de les diferents parts del muntatge tant físic com electrònic.

2. Import dels materials

Cost dels diferents materials a utilitzar per la fabricació del producte, tant de components electrònics com plàstics per el seu muntatge.

3. Compliment de les normes per la comercialització

És necessari que el producte compleixi els requisits essencials fixats en les directives comunitàries. Això comporta que el procés de fabricació o el equip comercialitzat s'hagi de validar per una institució que acrediti que es compleixen dites directives.

4. Amortització del cost total del prototip

Per últim el cost total de la realització d'aquest projecte, cal tenir-ho present, ja que s'han d'amortitzar els diners que s'han introduït inicialment.

Taula 17. Pressupost de producció en sèrie

Re - dissenyar Hardware	360 €
Import dels Materials d'una unitat	230 €
Compliment normes comercialització (3000 € en 500 unitats)	6 €
Amortització del cost total del prototip (15.274 € en 500 unitats)	30,54 €
TOTAL	626,54 €

Taula 18. Cost total

Cost total unitat	626,54€
Marge de guanys (15 %)	93,98 €
TOTAL	720,52 €

Aplicant un marge de guanys del 15 % sobre el preu final per unitat, s'obté un preu d'uns 720 € per cada unitat. Tenint en compte el preu de venda d'altres dispositius actuals dins del mercat, es pot arribar a la conclusió que és un preu competitiu ja que l'usuari el pot amortitzar.

CONCLUSIONS

Una vegada finalitzat el projecte és hora d'analitzar i repassar els objectius prèviament establerts així com les diferents pautes que es van marcar al inici d'aquest.

Per començar a analitzar els objectius del projecte cal tenir present la proposta inicial. En aquesta, com a objectiu principal, es fixava la programació d'un microcontrolador per el control d'un sistema, en aquest cas i conforme al que s'ha parlat durant tot aquest document, es proposa l'adquisició de tot una sèrie de sensors per acabar controlant el clima en un hivernacle.

Un cop establert l'objectiu principal, s'anava formant la idea general tant de hardware com de software, i es marcaven diferents objectius a assolir per ambdues parts.

Durant tot el procés de realització han sorgit molts entrebancs, tant de hardware com de software. El fet de solucionar aquests problemes ens a fet veure quines eren les dificultats que anaven sorgint i és on radica la importància del projecte de final de carrera.

En moments així, és on ens enfrontem a un problema de disseny, que prèviament nosaltres mateixos havíem dissenyat, i és aquí on se l'hi ha dedicat més temps.

Aquests objectius, a curt termini, s'anaven actualitzant i adjuntant conforme s'anava desenvolupant la solució. Tant bon punt es tenia una idea més acurada del projecte, es prioritzaven i s'assolien els objectius inicials. És per això que alguns objectius, que van sorgir durant les primeres etapes de realització del projecte, han quedat finalment descartats.

En resum, aquest projecte ha servit per posar en practica molts dels coneixements adquirits durant la carrera i a creat la necessitat d'assolir-ne d'altres per la realització d'aquest. Els resultats obtinguts tant d'adquisició de variables físiques com de processament i control del sistema han estat correctes i la implementació del projecte ha seguit les pautes marcades al principi d'aquest.

Per aquest motiu i donat que en el projecte s'han implementat i assolit els diferents objectius inicials, es dona per complert i satisfactori la realització d'aquest.

Per finalitzar, fer èmfasi en tot el treball realitzat i l'orgull que suposa totes les hores invertides conforme el resultat final, també agrair la col·laboració i ajuda a totes aquelles persones que han ajudat a portar-ho a terme.

LINIES FUTURES

Inicialment aquest projecte només engloba el control a partir de la botonera del mateix. Creiem que les línies futures han d'anar dirigides a l' integració del actual programa de control dins d'un sistema SCADA, que adquireixi els diferents paràmetres amb la possibilitat de realitzar estadístiques.

Un cop s'assolís aquesta integració, el ventall de possibilitats per la millora del sistema es dispararia. S'exposa alguna de les idees:

- Integració en una pagina web, possibilitat de consultar els paràmetres arreu del món via ethernet.
- Integració d'una càmera web.
- Enviament d'alarmes per GSM.
- Major llibertat d'adaptació a les necessitats.
- Altres

BIBLIOGRAFIA

Llibres de consulta:

[1] ROMERO, Susana; ANGULO, Ignacio; ANGULO USATEGUI, "Microcontroladores PIC16F87X, Diseño práctico de aplicaciones" Ed. Mc Graw Hill

[2] MALIK, Norbert R. 'Circuitos Electrónicos. Análisis, Simulación y Diseño'. Ed. Prentice Hall, 1997.

[3] PALLÁS, R.; "Adquisición y distribución de señales", Ed. Marcombo

[4] PALLÀS, R. "*Instruments Electrònics Bàsics*". Ed. UPC

[5] GARCIA BREIJO, Eduardo "*Compilador C CCS y simulador PROTEUS para microcontroladores*". Ed. Marcombo

[6] VÁZQUES, J.A.; "*Introducción a los microcontroladores*". Ed. McGraw-Hill (1992).

[7] VILLAREJO, Jose Antonio; ROCA GONZALEZ, Joaquin; ROCA DORDA, Joaquin. "*Electrónica de Potencia*" Ed. Escarabajal.

[8] TOGMONI, Franco; ALPI, Amadeo "*Cultivo en invernadero*". Ed. Mundi-Prensa.

Webs de consulta:

- Fabricants software: www.microchip.com
www.labcenter.co.uk
- Fòrums sobre diversos temes d'electrònica: www.sonsivri.com
www.todopic.com.ar
- Exemples en C per Pics: www.microchipc.com
www.ccsinfo.com
- Catàlegs de datasheets: www.datasheetcatalog.com
www.datasheetcatalogue.com