



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Memòria PFC1



Alumnes

Albert Sans Domènech

Oriol Font Bagüeste

Director

Robert Piqué

Departament d'enginyeria electrònica (EPIC)

INDEX

INTRODUCCIÓ	4
OBJECTIUS	5
CAPÍTOL 1. DEFINICIÓ DEL PROJECTE.....	6
1.1 ANTECEDENTS.....	6
1.1.1 L' Hivernacle	8
1.2 DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE	9
1.2.1 Diagrama de blocs de la aplicació.....	10
CAPÍTOL 2. VIABILITAT.....	12
2.1 VIABILITAT TÈCNICA.....	12
2.1.1 Temperatura.....	12
2.1.1.1 Supervisió i control.....	13
2.1.1.1.1 Sensors	13
2.1.1.1.2 Actuadors.....	15
2.1.2 Humitat relativa.....	16
2.1.2.1 Supervisió i control.....	17
2.1.2.1.1 Sensors	17
2.1.2.1.2 Actuadors.....	18
2.1.3 Lluminositat.....	19
2.1.3.1 Supervisió i control.....	19
2.1.3.1.1 Sensors	19
2.1.3.1.2 Actuadors.....	20
2.1.4 Nivell de CO ²	20
2.1.4.1 Supervisió i control.....	21
2.1.4.1.1 Sensors	21
2.1.5 Paràmetres a visualitzar.....	21
2.1.5.1 Temperatura exterior.....	22
2.1.5.2 Velocitat del vent.....	22
2.2 VIABILITAT ECONÒMICA	24
CAPÍTOL 3. EXECUCIÓ DEL PROJECTE	25
3.1 DIAGRAMA DE GANTT DEL PROJECTE	25
3.2 ETAPES DEL DIAGRAMA	26
3.2.1 Projecte Final de Carrera 1.....	26
3.2.2 Projecte Final de Carrera 2.....	27
CAPÍTOL 4. BIBLIOGRAFIA.....	29
4.1 REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....	29
4.2 BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.....	29

INTRODUCCIÓ

Els darrers anys, i cada vegada més sovint, veiem 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 en què ens trobem. Això ens permet allargar el cicle de cultiu i produir durant les èpoques més difícils, obtenint 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 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 reflectiran 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.

El nostre projecte es basarà en la realització del disseny de la unitat de control d'un hivernacle, que supervisarà els paràmetres ambientals i controlarà una sèrie d'actuadors per tal d'aconseguir un major rendiment en la producció d'aliments.

La supervisió es farà sobre paràmetres ambientals com la temperatura, humitat, llum i CO₂, els qual seran mesurats i condicionats segons uns valors predeterminats.

Per tal d'aconseguir que la unitat de control processi aquestes dades i faci les accions pertinents sobre els actuadors, ens caldran uns circuits condicionadors de senyal que també seran tractats i definits dins del projecte. Amb aquesta unitat aconseguirem que el procés de producció dins del camp de cultiu sigui automàtic i es mantingui dins d'uns marges preestablerts.

Aquest projecte ha estat dividit en 4 capítols. El primer capítol defineix l'abast del projecte, definint quin és l'objectiu i les diferents parts del sistema a realitzar. Al segon capítol s'exposa la viabilitat tant tècnica com econòmica, de les diferents solucions tecnològiques que es poden aplicar, per els objectius esmentats en el capítol anterior. Per finalitzar, en el tercer capítol es realitza un diagrama de temps, on es pot veure el termini de les diferents fases per l'execució del projecte. On també s'explica cada una de les fases per la seva realització

Objectius

En aquest Projecte Final de Carrera, ens hem marcat una sèrie d'objectius que intentarem 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 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 Micro controladors 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 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 el camp de la electricitat, més específicament l'enfocat a l'automatització de processos.

CAPÍTOL 1. DEFINICIÓ DEL PROJECTE

1.1 Antecedents

Actualment, una part molt important de l'horticultura intensiva es realitza de forma protegida mitjançant conreu en hivernacle. L'altra part, conrea fruits de temporada a l'aire lliure.

L'indústria d'hivernacles enfocada al sector de les hortalisses ha mostrat un alt creixement durant els últims temps, actualment Espanya és ja el país de la conca mediterrània amb major nombre de superfície dedicada a aquest conreu, amb aproximadament unes 66.000 hectàrees.

Això es degut a les bones condicions ambientals, l'accés a diferents tipus de tecnologia, les finestres de mercat i les oportunitats que ofereixen aquests tipus de negocis. Per altra banda, també incideix una major demanda de millors productes per part dels consumidors, que demanen vegada més productes segurs i de major qualitat.

Un altre factor que a forçat el desenvolupament dels hivernacles és, sens dubte, la problemàtica creixent al camp en relació a les limitacions de mà d'obra i la necessitat d'una major productivitat.

A nivell internacional, tenint en compte la superfície terrestre, els hivernacles estan concentrats en dues àrees geogràfiques: el 80 per cent a l'Extrem Orient (Xina, Japó i Corea), i a la conca mediterrània en un percentatge d'un 15 per cent. I dins d'aquesta, Espanya és el país amb major superfície de cultiu, seguit per Itàlia, Turquia, el Marroc. Aquests dos últims són els dos mercats emergents que més estan creixent en aquesta activitat.

Els desenvolupaments tecnològics en aquest camp són bàsicament els següents:

- **L'obtenció de nous materials per a cobertes, estructures i substrats**

El temps de vida de l'estructura d'un hivernacle és un aspecte important a tindre en compte. A millors materials mes durabilitat.

També aspectes com la opacitat del plàstic (millora de l'efecte hivernacle), forma de l'estructura, propietats òptiques com mecàniques, etc. Són propietats que actualment estan en estudi.

- **Sistemes electromecànics per a l'automatització de tasques.**

La mecanització de processos dins de l' hivernacle és una tasca enfocada a millorar la productivitat en el transport i carga de producció.

- **Millora de la climatització.**

En aquest àmbit es tracta de mantenir les condicions ambientals idònies per al creixement de les hortalisses.

- **Fertirrigació o sistemes biològics auxiliars**

Es tracta del estudi de les diferents aplicacions tant del reg com l'ús de substrats o l'aplicació de la pol·linització i control de plagues, que permetin millorar la quantitat i qualitat de producció de les collites amb menor ús d'energia i aigua.

Dins de totes les possibilitats que actualment estan en desenvolupament en els estudis tecnològics sobre aquest camp, abans esmentades, nosaltres hem focalitzat el projecte en la realització d'una eina per a la supervisió i control de la climatització en cultius interiors.

És a dir, actuarem en la supervisió de paràmetres atmosfèrics i en el control de certs actuadors, per variar o mantenir les condicions climàtiques òptimes pels cultius.

Altres aspectes relacionats en altres àrees de desenvolupament no seran tinguts en compte.

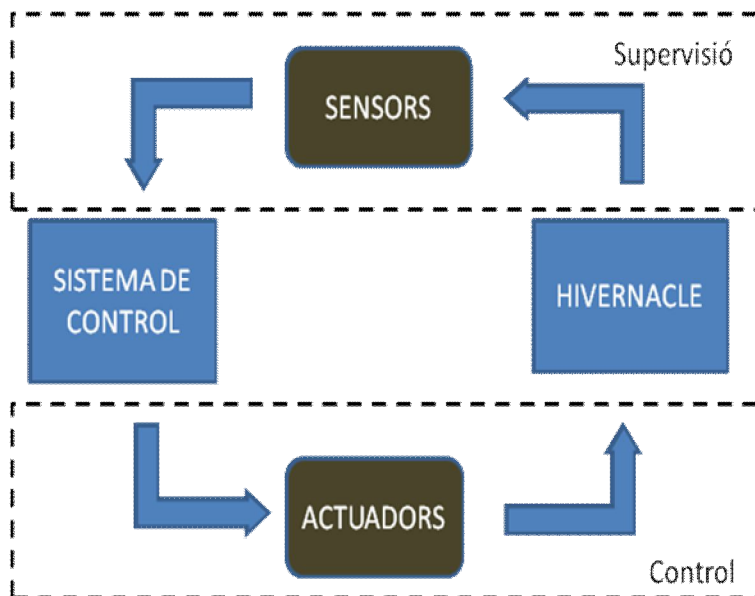


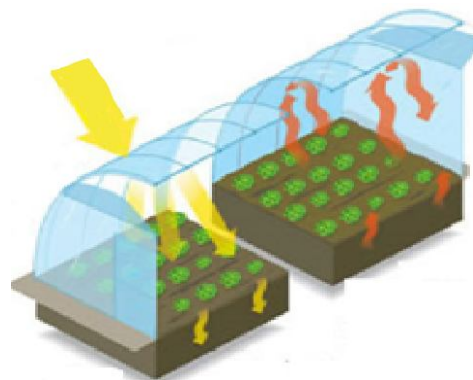
Diagrama 1 : Funcionament Aplicació

1.1.1 L' Hivernacle

Un hivernacle és un estructura tancada, coberta per materials transparents, dins la qual és possible obtenir unes condicions artificials de microclima. Un microclima és un entorn o àmbit reduït que té diferents condicions ambientals a les oposades en la mateixa àrea. També pot estar tipificat per elements topogràfics, acció de la calor, temperatura mitja anual, humitat, pluges i vents, altura sobre el nivell del mar, hidrografia, naturalesa del sòl, potencial electromagnètic, espai atmosfèric, etc.

Els avantatges de l'ocupació d'hivernacles són:

- Precocitat en els fruits.
- Producció fora d'època.
- Augment de la qualitat i del rendiment.
- Possibilitat d'obtenir més d'un cicle de cultiu a l'any.
- Estalvi d'aigua i fertilitzants.
- Millora del control d'insectes i malalties.



Gràfic 1: Estructura d'un hivernacle

Els hivernacles es poden classificar de diferents formes, segons s'atengui a determinades característiques dels seus elements constructius (perfil extern, segons la seva fixació o mobilitat, pel material de coberta, material de l'estructura, etc.). L'elecció d'un tipus d'hivernacle estarà en funció d'una sèrie de factors o aspectes tècnics:

- Tipus de sòl: S'han de triar sòls amb bon drenatge.
- Topografia.
- Vents: Es prendran en compte, intensitat i velocitat dels vents dominants.
- Exigències bioclimàtiques de l'espècie en cultiu.
- Característiques climàtiques de la zona o de l'àrea geogràfica on vagi a construir-se l' hivernacle.

Segons la conformació estructural, els hivernacles es poden classificar en:

- Plànols o tipus parral.
- Asimètrics.
- Tipus espina.
- Capella (a dues aigües, a un aigua).
- Doble capella.
- De vidre.
- Tipus túnel.

1.2 Descripció del projecte

El projecte consistirà en la realització d'un sistema de control que supervisarà els quatre paràmetres atmosfèrics més importants per al cultiu en hivernacle (temperatura, humitat, lluminositat i CO₂) i actuarà sobre els dispositius adequats per mantindre aquests paràmetres en el nivell òptim, per el creixement de les hortalisses. També a mode d'optimització del sistema, hem volgut visualitzar altres paràmetres que nosaltres creiem d'interès per el propietari de l' hivernacle. A la següent taula mostrarem quins paràmetres controlarem i quins mostrarem:

Paràmetre	Controlar	Visualitzar
Temperatura interior	✓	✓
Temperatura exterior		✓
Quantitat de llum	✓	✓
Humitat interna	✓	✓
Velocitat del vent		✓
CO ₂	✓	✓

Taula 1: Paràmetres

Tots aquests paràmetres seran supervisats des d'una unitat central dins de l' hivernacle. Aquesta unitat central disposarà d'una pantalla en la qual es tindrà accés a tota la informació de les entrades a temps real.

Des d' allà podrà canviar la configuració de control de l' hivernacle mitjançant una botonera i es podrà visualitzar la nova consigna referent a qualsevol paràmetre. Una vegada introduïda la nova consigna, la unitat de control farà el que sigui convenient en cada cas, activant una sèrie d' actuadors.

En aquest apartat, definirem més concretament quins seran el paràmetres a supervisar, així com també els sensors i actuadors a controlar en cada cas.

1.2.1 Diagrama de blocs de la aplicació

En el diagrama de blocs dividim els diferents elements que componen el sistema de l'unitat de control de l'hivernacle.

Bàsicament, és un sistema d'adquisició i distribució de senyals basat en un microcontrolador. Consta de sis parts diferenciades:

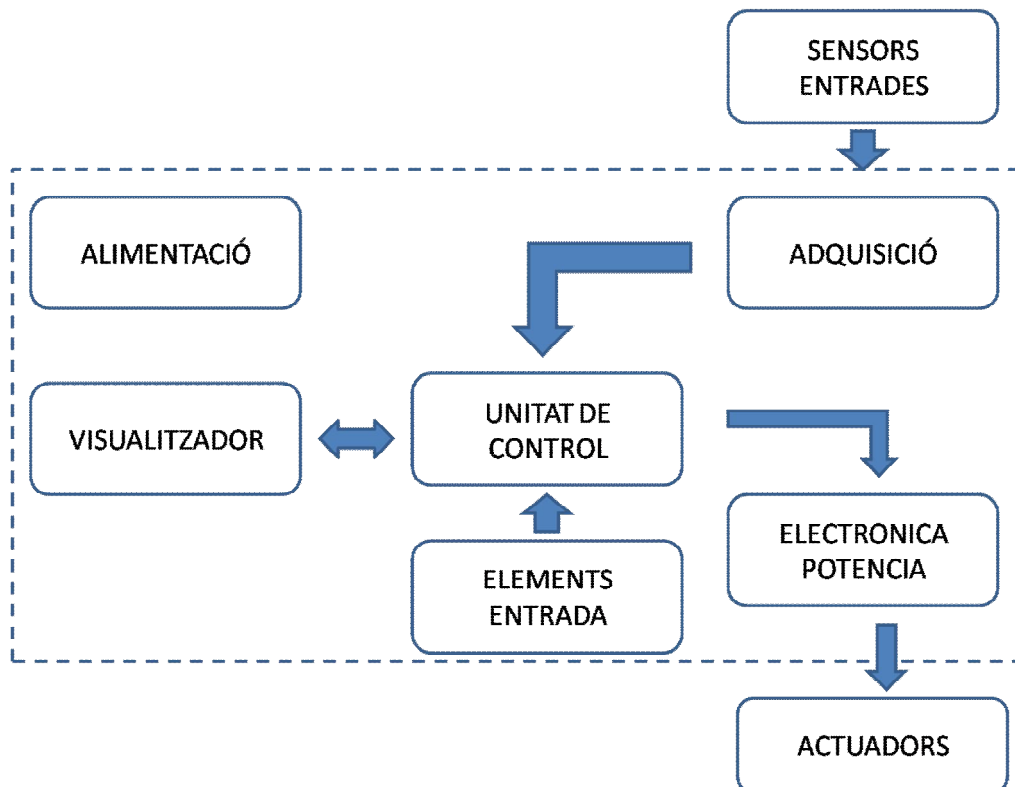


Diagrama 2: Diagrama de blocs de l'aplicació

Sistema d'entrades:

- **Sensors o transductors:** Bàsicament aquesta part es compon de tots els sensors que utilitzarem en el projecte. Ja que la funció és la de convertir la variable física desitjada en una magnitud elèctrica (Voltatge, corrent, resistència, capacitat, inductància, etc), seran cinc les magnitud físiques: temperatura, humitat, lluminositat, CO2, velocitat del vent.

- **Elements d'entrada:** Aquests estaran formats per un conjunt d'elements que connectaran amb la unitat de control. Aquest serveixen perquè l'usuari pugui controlar el sistema depenen de les seves necessitats. Actuaran directament sobre el microcontrolador, que serà el que realitzarà les diferents rutines ja programades.

Electrónica d'adquisició:

Aquesta part és la encarregada de convertir i adaptar la magnitud física que anteriorment s'ha agafat en el sistema d'entrades. Això es produeix per la necessitat d'adaptar-les al microcontrolador. Segons els nivell de tensió de cada variable, el microcontrolador realitzarà les diferents funcions per les que ha sigut programat. S'utilitzaran etapes basades en amplificadors operacionals.

Unitat de Control:

La unitat de control es compon bàsicament del microcontrolador. Aquest processarà totes les dades rebudes tant dels sensors, visualitzadors o de la possible comunicació amb el PC. També s'encarregarà de controlar i alimentar possibles senyals de sortida, com la comunicació o l'estat de funcionament, a través dels ports de sortida (indicadors de nivell).

Visualitzador:

Aquí és on es mostren totes les dades que volem representar. Conjuntament amb el visualitzador disposarem d'un control que anirà connectat al microcontrolador des d'on es podrà navegar per les diferents dades meteorològiques.

Electrónica de Potencia:

Aquesta part controla tot el sistema de sortides en funció de les variables censades, les programades en el microprocessador i les introduïdes manualment per l'usuari, a través de l'interfície que permet la gestió.

Alimentació:

L'equip anirà connectat a la xarxa. Gràcies a això, haurem de disposar de tota una circuiteria de protecció i de condicionament, per l'alimentació dels diversos components electrònics que englobaran el nostre muntatge.

CAPÍTOL 2. VIABILITAT

Es interessant la realització de l' estudi de les diferents alternatives possibles per assolir els objectius finals tècnicament a un cost assumible, per això és de vital importància la realització tant de la viabilitat tècnica com de la viabilitat econòmica.

2.1 Viabilitat Tècnica

El desenvolupament dels cultius, en les seves diferents fases de creixement, està condicionat per quatre factors ambientals o climàtics: temperatura, humitat relativa, llum i CO₂. Perquè les plantes puguin realitzar les seves funcions és necessària la conjunció d'aquests factors dins d'uns límits mínims i màxims, fora dels quals el seu cicle vital es torna del tot inviable.

2.1.1 Temperatura

Aquest és el paràmetre més important a tenir en compte en el maneig de l'ambient dins d'un hivernacle, ja que és el que més influeix en el creixement i desenvolupament de les plantes. Normalment la temperatura òptima per a les plantes es troba entre els 10°C i 20°C.

Alhora de manipular la temperatura és important conèixer les necessitats i limitacions de l'espècie cultivada. Igualment, s'han d'aclarir els següents conceptes de temperatures que indiquen els valors a tenir en compte per al bon funcionament del cultiu i les seves limitacions:

- *Temperatura mínima letal*: Aquella per sota de la qual es produeixen danys en la planta. La planta pot arribar a morir per sota d'aquest valor.
- *Temperatures màximes i mínimes biològiques*: Indiquen valors límits, per sobre o per sota respectivament, del qual no és possible que la planta assoleixi una determinada fase vegetativa (floració, fructificació, etc).
- *Temperatures nocturnes i diürnes*: Indiquen els valors aconsellats per a un correcte desenvolupament de la planta.

	Tomàquet	Pebrot	Albergínia	Cogombre	Meló	Síndria
T^a mínima letal (°C)	0-2	-1	0	-1	0-1	0
T^a mínima biològica (°C)	10-12	10-12	10-12	10-12	13-15	11-13
T^a òptima (°C)	13-16	16-18	17-22	18-18	18-21	17-20
T^a màxima biològica (°C)	21-27	23-27	22-27	20-25	25-30	23-28
T^a màxima letal (°C)	33-38	33-35	43-53	31-35	33-37	33-37

Taula 2: Exemple de temperatures crítiques

La temperatura a l'interior de l'hivernacle estarà en funció de la radiació solar, inclosa dins d'una banda entre 200nm i 4000 nm .

L'escalfament de l'hivernacle es produeix quan la franja infraroja de l'espectre solar passa a través del material de la coberta. Aquest fet fa que es transformi en calor. Aquesta radiació és absorbida per les plantes, els materials de l'estructura i el terra. Com a conseqüència d'aquesta absorció, aquests emeten radiació de longitud més llarga, que després de passar per l'obstacle que representa la coberta, s'emet a l'exterior i cap a l'interior, escalfant l'hivernacle. Aquest fenomen és conegut com l'efecte hivernacle.

2.1.1.1 Supervisió i control

Per fer el control de temperatura de l'hivernacle, caldrà tenir present les dues opcions de control possible: escalfar i refredar. Aquesta separació de la funció a realitzar ens permet diferenciar entre els possibles actuadors a utilitzar, ja que per escalfar l'hivernacle utilitzarem un tipus i per refredar l'hivernacle utilitzarem un altre.

En els següents apartats definirem com adquirirem la temperatura mitjançant un ventall de sensors i com la controlarem mitjançant un ventall d'actuadors.

2.1.1.1.1 Sensors

Alhora de dissenyar el circuit de sensor de temperatura podem tenir present les diferents tecnologies que es podem arribar a emprar. Aquests poden ser del tipus:

- *RTD (Detector de temperatura resistiu)*: Aquests tipus de sensors, aprofiten l'efecte que té la temperatura a la conducció dels electrons perquè, davant un augment de temperatura, hi hagi un augment de la seva resistència elèctrica.

Poden ser de diferents tipus:

- Níquel
- Un aliatge de Ferro i níquel
- Coure
- Plati
- Wolframi



Fotografia 1: RTD

- *Termistors (NTC o PTC):* Coeficient de temperatura positiu o negatiu. Aquests sensors es basen en sensor de temperatura del tipus resistiu. És un sensor modulador i té major sensibilitat que els del tipus RTD.

- NTC: Tenen major sensibilitat a temperatures baixes, i la seva resistència disminueix al augmentar la temperatura.
- PTC: Tenen major sensibilitat a temperatures elevades i la seva resistència augmenta al augmentar la temperatura.



Fotografia 2: Termistors

- *Termopar:* Un termopar és un dispositiu format per la unió de dos metalls diferents que produeix un voltatge (efecte Seebeck), que és funció de la diferència de temperatura entre un dels extrems (punt calent) i l'altre extrem (punt de referència).

Un dels grans inconvenients del termopar són els problemes en la seva connexió. La interconnexió de termopars requereix de materials del mateix tipus, ja que si fossin diferents, obtindríem un altre termopar.

Són sensors que necessiten un calibratge constant degut al seu alt rang de funcionament i degut a que a la sortida tenim un senyal mínim, aquests són susceptibles al soroll elèctric

- *Sensors integrats de temperatura:* Un dels sensors més utilitzats és el de la família dels **LM35**. Són sensors de precisió integrats els quals donen un voltatge de sortida proporcional a la temperatura.

El gran avantatge del LM35 sobre els sensors lineals de temperatura calibrats en graus kelvin és que el usuari no necessita un voltatge elevat per obtenir la escala en graus centígrads. No necessita calibratge extern i el seu rang de temperatura és de -55°C a 150°C .

Té una impedància de sortida baixa i una sortida lineal. Poden ser alimentats des de 4V fins a 20V.



Fotografia 3: LM35

2.1.1.1.2 Actuadors

Per al correcte control de temperatura de l' hivernacle em diferenciat el fet de refredar o escalfar, ja que així podem distingir els actuadors a utilitzar.

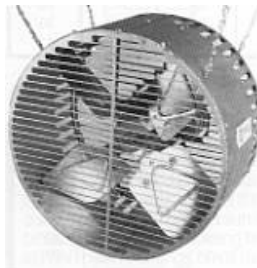
- Augmentar temperatura: Els sistemes de calefacció utilitzats per aportar calor als hivernacles són, bàsicament, per convecció o per conducció. Els sistemes per convecció escalfen i distribueixen l'aire interior de l' hivernacle i els de conducció localitzen la distribució de l'aire calent a nivell del substrat del cultiu.
 - *Calefacció a partir d'aire calent*: Són sistemes en els quals l'element conductor de la calor és l'aire. A causa de la seva poca inèrcia, proporcionen un augment ràpid de la temperatura de l'aire, refredant-se d'igual forma al deixar d'actuar.



Fotografia 4: Escalfadors

- Disminuir temperatura: Un dels factors més importants per disminuir la temperatura es la ventilació. Aquesta consisteix en la renovació de l'aire dins del recinte de l' hivernacle. Així s'actua sobre la temperatura, la humitat i l'oxigen que hi ha en l'interior de l' hivernacle. La ventilació pot fer-se de varies maneres:
 - *Ventilació natural*: Es basa en la disposició en les parets i en el sostre de l' hivernacle, d'un sistema de finestres que permetin l'aparició d'una sèrie de corrents d'aire que contribueixen a disminuir les temperatures elevades.

- *Ventilació mecànica*: Els sistemes de ventilació forçada consisteixen a establir un corrent d'aire mitjançant ventiladors extractors, gràcies al qual s'extreu l'aire calent de l'hivernacle.



Fotografia 5: Ventilador

2.1.2 Humitat relativa

La humitat és la massa d'aigua en unitat de volum, o en unitat de massa d'aire. La humitat relativa és la quantitat d'aigua continguda en l'aire, en relació amb la màxima que seria capaç de contenir la mateixa temperatura.

Existeix una relació inversa de la temperatura amb 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.

La 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.

2.1.2.1 Supervisió i control

El fet de supervisar la humitat relativa dins l' hivernacle ens permet tenir un major rendiment al cultiu, degut a que augmentarem el creixement de les plantes. L'únic inconvenient és que haurem de tenir un control exhaustiu degut a que tenir una humitat relativa elevada pot fer augmentar la transmissió de plagues i tenir una humitat relativa baixa, pot fer assecar les plantes ràpidament.

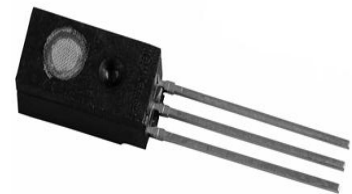
2.1.2.1.1 Sensors

Per la mesura de la humitat, dintre d'aquest projecte, hem de tenir en compte varies tecnologies:

- *Capacitiu*: Són potser els més utilitzats a la indústria ja que són fàcils de produir, tenen un baix cost i una alta fidelitat. El principi en el que es basa aquest sensor és el canvi que pateix la capacitat d'un condensador al variar la constant dielèctrica.
- *Infraroigs*: Les molècules no són estructures rígides e immòbils, tenen moviments rotatoris al voltant de la massa o moviments vibratoris semblants a un moviment harmònic simple. Aquestes energies estan quantificades i per passar d'un nivell a un altre es necessita una quantitat d'energia específica, que depèn del tipus de molècula.

Gràcies a aquests nivells energètics i depenent de la longitud d'ona, les molècules absorbiran o emetran ones de freqüència específiques. Amb tot això, podem arribar a quantificar el nivell d' humitat.

- *Sensors integrats d'humitat*: Aquests tipus de sensors d'humitat són els més utilitzats degut a que ja tenen una senyal condicionada i proporcionen un voltatge en proporció a la humitat relativa existent. Aquests sensors contenen un element capacitiu molt sensible en base a polímers que interactua amb elèctrodes de platí. Estan calibrats per laser, tenen un rendiment estable i baixa desviació.



Fotografia 6: HIH-3610

El gran avantatge d'aquests sensors és que ens proporcionen una resposta lineal en forma de tensió respecte la humitat relativa (% RH), estan dissenyats per aplicacions de poca potència, tenen una alta exactitud, un temps de resposta elevat.

CARACTERISTIQUES TECNIQUES	
Linealitat	±0.5% RH
Repetibilitat	±0.5% RH
Temps de resposta	15 segons a 25 ⁰ C
Estabilitat	±1% RH
Tensió d'alimentació	4 Vdc a 5.8 Vdc
Corrent d'alimentació	200 µA a 5 Vdc
Tensió de sortida $V_{\text{alimentació}} = 5 \text{ Vdc}$	0.8 Vdc a 3.9 Vdc
Rang	0% a 100%
Temperatura de funcionament	-51 ⁰ C a 125 ⁰ C

Taula 3: Característiques del HIH-3610

2.1.2.1.2 Actuadors

Hi ha situacions on la humitat relativa és molt baixa i les plantes poden patir greus problemes. Per solucionar aquest problema bàsicament s'utilitzen nebulitzadors. Els nebulitzadors són uns aparells que treballen a alta pressió i que mitjançant petits difusors vaporitzen aigua.

- *Nebulitzador:* La humidificació en hivernacles és un paràmetre crític que ha de controlar molt bé. Si la humitat relativa és massa baixa, les plantes perden massa aigua, el que té un efecte negatiu i directe en els resultats. Amb el sistema de nebulització de baixa pressió l'agricultor pot pujar el nivell d'humitat relativa a un nivell satisfactori. A més el ventilador fa que l'aire humidificat es distribueixi uniformement en l'hivernacle.



Fotografia 7: Nebulitzador

2.1.3 Lluminositat

2.1.3.1 Supervisió i control

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 perquè la fotosíntesis sigui màxima; pel contrari, si hi ha poca llum, poden baixar les necessitats d'altres factor i per tant afectar al correcte creixement de la planta.

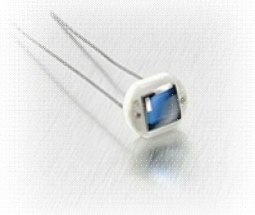
2.1.3.1.1 Sensors

Alhora de dissenyar el circuit per calcular la quantitat de llum, hem de tenir present les diferents tecnologies que es podem arribar a emprar. Aquestes poden ser del tipus:

- *Fotoresistència (LDR):* Una fotoresistència (light dependent resistor) és un component electrònic on la seva resistència disminueix amb l'augment de la intensitat de llum incident.
- *Fotodiode:* El fotodiode és un sensor que condueix una certa quantitat de corrent donada una certa quantitat de llum. Aquest corrent és en sentit oposat a la que deixa passar el diode (corrent de fuga). Estan formats per un semiconductor amb una unió PN, sensible a la incidència de la llum visible o infraroja. Perquè el seu funcionament sigui correcte cal polaritzar-lo inversament, cosa que farà que circuli un corrent quan sigui excitat per la llum. Si el fotodiode esta format per material semiconductor de silici la seva longitud de ona serà entre 190 i 1100 (nm)



Fotografia 8: LDR



Fotografia 9: Fotodiode

- *Fototransistor:* S'anomena fototransistor a un transistor sensible a la llum, normalment als infrarojos. La llum incideix sobre la regió de base, generant portadors. Aquesta carrega de base fa que el transistor passi a la zona de conducció. El fototransistor és més sensible que el fotodiode degut al guany del propi transistor.

2.1.3.1.2 Actuadors

A vegades, cal aplicar il·luminació artificial o simplement regular la il·luminació natural en l'interior de l' hivernacle. Això pot fer-se amb la finalitat de:

- Augmentar l'assimilació neta, forçant una major taxa de fotosíntesi, durant els mesos d'hivern. La il·luminació de tardor - hivern supletòria ajuda a incrementar els rendiments productius en la major part de les espècies hortícoles i en nombroses ornamentals (gerbera, orquídiades, etc.).



Fotografia 10: Llum artificial

2.1.4 Nivell de CO²

L'anhidrid carbònic de l'atmosfera és la matèria prima imprescindible en la funció clorofil·lica de les plantes. L'enriquiment de l' atmosfera de l' hivernacle amb CO², és molt interessant en molts cultius, tant en hortalisses com en flors.

Les concentracions superiors al 0,3% resulten tòxiques per als cultius. En els hivernacles que no s'apliqui anhidrid carbònic, la concentració d'aquest gas és molt variable al llarg del dia. Arriba a el màxim de la concentració al final de la nit i el mínim a les hores de màxima llum que coincideixen amb el migdia.

En un hivernacle tancat a la nit, abans que s'iniciï la ventilació al matí, la concentració de CO² pot arribar a límits mínims entre 0,005-0,01%, això fa que els vegetals no l'acceptin i la fotosíntesi és nul·la. En el cas que l' hivernacle estigui tancat durant tot el dia, en èpoques massa fredes, aquesta concentració mínima segueix disminuint i els vegetals es troben en situació d'extrema necessitat en CO² per a poder realitzar la fotosíntesi.

2.1.4.1 Supervisió i control

2.1.4.1.1 Sensors

Alhora de seleccionar el sensor a emprar per la medició de CO_2 en el projecte, només hem tingut en compte una tecnologia: La anomenada **NDIR** (non-dispersive infrared).

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. Com augmenta la concentració de CO_2 , de la intensitat de la llum que incideix en la disminució del detector.

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

2.1.5 Paràmetres a visualitzar

A banda de controlar els paràmetres anteriorment esmentats i fer la posterior visualització d'aquests, l'unitat de control haurà d'adquirir uns altres paràmetres que podran ser visualitzats per l'usuari. El fet de fer la posterior visualització d'uns altres paràmetres, permet a l'usuari de la unitat de control tenir un control més exhaustiu de l'ambient exterior i interior.

2.1.5.1 Temperatura exterior

Disposar de la possibilitat de saber la temperatura exterior no és un fet anecdòtic, ja que ens permet fer un a comparació amb la temperatura interna de l' habitacle. Si necessitem refrigerar el nostre hivernacle i la temperatura exterior és més baixa, no caldrà activar el sistema de refrigeració sinó que només caldrà fer circular una corrent d'aire des de l'exterior cap al interior.

Això ens permet que el nostre hivernacle sigui més sostenible i redueixi el consum elèctric, així com també reduïrem costos de manteniment dels sistemes dels actuadors.

Per la temperatura exterior el sensat serà el mateix que per l' interior.

2.1.5.2 Velocitat del vent

Visualitzar la velocitat del vent té una utilitat alhora d'activar els actuadors. El fet de que hi hagi vent al exterior i nosaltres vulguem fer circular un corrent d'aire per l'interior ens és molt útil ja que no caldrà activar els actuadors. Així, només deixant passar aquest corrent per l'interior ja ens solucionarà el problema.

Aquesta utilitat fa que el nostre hivernacle sigui més sostenible amb el medi ambient i ens fa reduir costos. A banda del ja assenyalat anteriorment, l'ús de l'anemòmetre també ens ajudarà per avisar a l'usuari de ratxes de vent molt fortes i així poder activar una alarma acústica.

Actualment existeixen en el mercat, varies tecnologies per mesurar la velocitat del vent en estacions meteorològiques:

- *Anemòmetre*: Els anemòmetres mesuren la component horitzontal del vent. Depenen de la forma es divideixen en diferents grups:
 - Cassoleta: Aquestes giren en un eix vertical. Accepten vents de qualsevol direcció. Estan ubicades sobre el braç d'un pal.

Les cassoletes tendeixen a sobreestimar la velocitat del vent degut a no tenir una resposta lineal i a la seva sensibilitat parcial a la component vertical del vent. Aquestes són les més utilitzades actualment en les estacions meteorològiques.

- Hèlix: Aquestes són com les anterior però giren en un eix vertical

Un dels grans avantatges que tenen és que no sobreestimen la velocitat del vent però en conseqüència només actuen quan aquest actua directament sobre elles.

Aquests aparells al girar activen un petit generador elèctric que facilita la mesura de la velocitat del vent.



Fotografia 11: Anemòmetre

En aquests apartats, em pogut observar que disposem d'un gran ventall de possibles solucions tecnològiques disponibles totes elles en el mercat. Una vegada descrites les tecnologies i les possibles solucions a adoptar en cada cas, podem comprovar que aquest projecte es viable, ja que podem trobar totes les eines necessàries al nostre abast.

2.2 Viabilitat Econòmica

En aquest apartat farem un pressupost preliminar, per fer una estimació de la inversió inicial, que es requereix per la realització d'un prototip, per aquest projecte.

En primer lloc hem de escollir els components basant-nos en els que són necessaris segons les especificacions tècniques anteriorment descrites.

COMPONENTS	
Sensors	60,00 €
Resistències	2,00 €
Amplificadors operacionals	5,00 €
Cablejat	3,50 €
Botons	1,50 €
Material per la soldadura	10,00 €
Relés	21,00 €
Transformador	9,00 €
Proteccions	1,00 €
Visualitzador	15,00 €
Microcontrolador	15,00 €
Placa de muntatge	20,00 €
SOFTWARE	
Programador	40,00 €
Llicència software	100,00 €
TOTAL	303,00 €

CAPÍTOL 3. EXECUCIÓ DEL PROJECTE

3.1 Diagrama de Gantt del projecte



Gràfic 2: Diagrama Gantt

3.2 Etapes del diagrama

En aquest apartat descriurem les etapes anteriorment enumerades i explicarem el perquè d'aquesta etapa i quines han estat les accions a realitzar en cada cas. Caldrà diferenciar entre les etapes del PFC1 i les del PFC2

3.2.1 Projecte Final de Carrera 1

- **Enfocament del projecte:** La primera etapa i potser una de les més difícils. La finalitat era saber quin tipus de projecte volíem realitzar i cap a quina branca de l'electrònica enfocar el projecte. Es a dir, de quin tipus es tractaria.
- **Decisió del projecte a realitzar:** Una vegada decidit quin tipus de projecte fariem, calia definir quin en concret realitzaríem. Aquesta etapa es podia començar una vegada teníem una mica clar quin era el enfocament del projecte. No va caler esperar a tenir completament decidit quin era el enfocament del projecte per començar a decidir quin tipus realitzaríem. Aquest pas es veu clarament en el GANTT.
- **Definició de l'aplicació i de l'abast d'aquesta:** En aquesta etapa calia definir quines eren les limitacions del projecte. Calia saber, una vegada decidit quin projecte realitzaríem, en que consistiria.

Una vegada assolides les etapes anteriors, i per tant, conegudes els límits del projecte, calia definir en quina aplicació en concret es basaria. A mode d'exemple, no és el mateix fer una estació meteorològica que estigui ubicada en un edifici que una destinada a la muntanya. Cal definir en concret la aplicació així com aconseguir un rendiment elevat en el seu lloc de treball.

- **Redacció del PFC1:** Aquesta etapa pot ser una de les més extenses. Cal estructurar tot el ventall d'informació per posteriorment ser redactada d'una forma concisa i fàcil d'entendre. Per redactar el document calia saber quins apartats posaríem. Aquesta feina, relativament fàcil, cal destacar que és una de les més complicades a causa de la tria de la gran quantitat d'informació disponible, i a la necessitat de disposar-la de forma que el document segueixi una estructura ordenada. La redacció del PFC1 engloba des de l'índex a la realització del diagrama de Gantt.

3.2.2 Projecte Final de Carrera 2

Disseny del circuit: Aquesta etapa del PFC2 pot arribar a ser una de les més llargues a causa de les moltes parts de disseny que engloba. No només és el disseny del circuit principal sinó també de tota la circuiteria que engloba el nostre projecte. Aquests circuit a realitzar poden ser:

- *Disseny del circuit del programador del microcontrolador:* Per la posterior programació del PIC, cal dissenyar i implementar físicament un circuit gràcies al qual podrem programar el PIC.
 - *Disseny del circuit de proves:* Per el projecte, voldrem realitzar un petit circuit de proves amb una entrada i el visualitzador connectats per així poder anar visualitzant tot el que anem programant
 - *Disseny del circuit de cadascun del sensors:* Cada sensor necessita un circuit per poder funcionar correctament.
 - *Disseny del circuit condicionador del sensor a la placa de control:* Cada sensor necessita un circuit per poder interactuar amb la unitat de control. Cal realitzar el disseny amb tota la electrònica que em après durant tota la carrera.
 - *Disseny del circuit condicionador dels actuadors*
 - *Disseny del circuit de la font d' alimentació*
- Realització del Software: Aquesta etapa és potser una de les més complicades, ja que hem de aconseguir que l' unitat de control sàpiga treballar amb tota la informació que li entra per així poder controlar els actuadors. Aquesta etapa es basa en la programació completa del PIC. Cal destacar que pot ser portada perfectament en paral·lel amb el disseny del circuit, ja que disposem de software específic.
 - Implementació física: Una vegada fet el disseny de tots els circuits esmentats anteriorment, cal transformar el disseny inicial al medi físic. Aquest pas es realitza mitjançant la realització de les plaques.

Una vegada finalitzada la realització de la PCB, caldrà realitzar l'assemblatge de components a la placa. Aquesta etapa és bàsicament el soldatge de components a les corresponents plaques anteriorment dissenyades. Cal destacar que les ultimes dues etapes i aquesta, són completament independents ja que si no tens dissenyat el circuit no pots fer la PCB, i si no tens la PCB, no pots realitzar la implementació física.

- Realització del prototipus: Després de realitzar la programació del software i el disseny del hardware, caldrà muntar totes les peces del projecte i acabar donant-li la forma desitjada. Aquest pas, serà la realització del prototipus amb tots els sensors, actuadors i el visualitzador.

- Redacció del PFC2: Aquesta serà la última etapa. Aprofundir en la informació específica del projecte i redactar tota la circuiteria, així com els esquemes de control i explicar tota la programació utilitzada. També mostrarem simulacions dels circuits utilitzats i totes les especificacions tècniques que creguem convenientes.

CAPÍTOL 4. BIBLIOGRAFIA

4.1 Referències bibliogràfiques

Juan Carlos Álvarez, Anton Juan Carlos Campos Rodríguez, Miguel Angel Pérez Garcia, ed. Paranimfo. *Instrumentación Electrónica*.

Vazques, J.A, Ed. McGraw-Hill. *Introducción a los microcontroladores*.

Pallás, R. Ed. Marcombo. *Sensores y acondicionadores de señal*.

4.2 Bibliografia de consulta

Catàleg de datasheets: www.datasheetcatalog.com

Projecte a nivell nacional sobre hivernacles www.cenitmediodia.com