

*Disseny d'un sistema de
supervisió d'instal·lacions
fotovoltaiques.*

Memòria

Alex Nasarre Ramírez

Treball de final de carrera

Aplicacions electromagnètiques i electròniques

Enginyeria Tècnica de Telecomunicacions. Especialitat telemàtica

Semestre 2011-2

1. 6ndex de continguts

1. 6ndex de continguts	1
2. 6ndex de figures i taules	3
2.1 Figures	3
2.2 Taules	4
3. Introducci3	5
3.1 Descripci3 del projecte	5
3.2 Objectius	6
3.2.1 Objectius de l'assignatura	6
3.2.2 Objectius del projecte	6
3.3 Planificaci3	7
3.3.1 Tasques	7
3.3.2 Fites	10
3.3.3 Calendari	10
3.3.4 Temporitzaci3	12
3.3.5 Diagrama de Gantt	14
3.4 Avaluaci3 de materials	17
3.4.1 Requeriments de software	17
3.4.1.1 Sistema operatiu	17
3.4.1.2 Software espec6fic	17
3.4.2 Requeriments de hardware	18
3.4.3 Llibres	18
3.4.4 Altres materials de consulta	18
3.5 Incid6ncies i riscos	19
3.5.1 Conting6ncies	19
4. Plantejament del projecte	21
4.1 Principi de captaci3 solar	21
4.2 Estructura de la c6l·lula fotovoltaica	21
4.3 Visi3 Global	22
4.4 Elements b6sics del circuit	23

5. Circuit Anal3gic	24
5.1 Descripci3	24
5.2 Sensor de temperatura	24
5.3 Sensor d'irradi3ncia	25
5.4 Disseny Circuit anal3gic	27
5.4.1 Sensor de temperatura	27
5.4.2 Sensor d'irradi3ncia	31
5.5 Sistema de mesura	33
5.5.1 Comptador d'energia	33
5.5.2 Microcontrolador PIC	34
5.6 Disseny circuit de mesura	36
5.6.1 Disseny anal3gic	37
5.6.2 Disseny digital	38
5.6.3 Disseny algoritme	39
5.7 Disseny circuit global	45
5.7.1 Agrupament dels circuits	45
5.7.2 PCB	48
6. Conclusions	51
7. L3nies de futur	52
8. Bibliografia	53
9. Annex	54

2. 3ndex de figures i taules

2.1 *Figures*

Figura 1: calendari.....	11
Figura 2: diagrama de Gantt d'an3lisi de requeriments.....	14
Figura 3: diagrama de Gantt de l'estudi de senyals a adquirir.....	14
Figura 4:diagrama de Gantt del disseny del circuit anal3gic.....	15
Figura 5: diagrama de Gantt del sistema de mesura.....	15
Figura 6: diagrama de Gantt del disseny del circuit global.....	16
Figura 7: diagrama de Gantt de la redacci3 del document final.....	16
Figura 8: Estructura de c3l·lula fotovoltaica.....	22
Figura 9: Sensor Tritec Pt1000 per a exteriors.....	24
Figura 10: Relaci3 temperatura/Resist3ncia de Pt1000.....	25
Figura 11: Sensor d'irradi3ncia Spektron 210.....	26
Figura 12: recta tensi3/irradi3ncia del sensor.....	27
Figura 13: Pont de Wheatstone en temperatura de refer3ncia $T=-5^{\circ}\text{C}$	28
Figura 14: Pont de Wheatstone en $t=70^{\circ}\text{C}$	29
Figura 15: esquema AO diferencial.....	30
Figura 16: Circuit del sensor de temperatura en $T=70^{\circ}\text{C}$	31
Figura 17: esquema AO no inversor.....	32
Figura 18: Circuit del sensor d'irradi3ncia en entrega m3xima (112.5mV).....	33
Figura 19: Arquitectura del PIC16F873A.....	35
Figura 20: funcionament pols de comptador monof3sic.....	36
Figura 21: disseny circuit de mesura del comptador.....	37
Figura 22: disseny anal3gic del sistema de mesura.....	37
Figura 23: Taula de configuraci3 Anal3gic-digital.....	38
Figura 24: Diagrama de flux general de l'algorisme del microcontrolador.....	39
Figura 25: Capçalera de l'algorisme del microcontrolador.....	40
Figura 26: Arxiu de codi de l'algorisme per al microcontrolador PIC16F873A.....	42
Figura 27: Diagrama de simulaci3 del PIC amb proteus.....	43
Figura 28: LED av3s activat per temperatura en simulaci3 de PIC.....	43
Figura 29: LED av3s activat per irradi3ncia en simulaci3 de PIC.....	44
Figura 30: LED error activat per comparaci3 de pot3ncia en simulaci3 de PIC.....	44
Figura 31: LED verd activat per funcionament correcte de la instal·laci3 en la simulaci3 de PIC.....	45
Figura 32: Disseny inversor polaritat Microchip TC7660.....	46
Figura 33: Alimentaci3 del circuit global amb +5V i -5V.....	46
Figura 34: Disseny circuit global.....	47
Figura 35: Disseny PCB del sistema.....	48
Figura 36: Aspecte 3D de la PCB del sistema global (superior).....	49

Figura 37: Aspecte 3D de la PCB del sistema global (inferior).....	49
Figura 38: Llistat de components per a la PCB.	50

2.2 Taules

Taula 1: feines a realitzar.	7
Taula 2: fites importants.	10
Taula 3: planificació temporal de les tasques.....	12
Taula 4: riscos i contingències.....	19

3. Introducció

Les energies renovables cada vegada estan més presents en el nostre entorn quotidià. Les causes es deuen a diversos factors, un d'ells es la sensibilitat que s'ha anat adquirint sobre la sostenibilitat mediambiental durant aquests anys, l'altre factor és que les energies renovables comencen a ser eficients i per tant rentables en la seva implantació.

Aquesta eficiència és una part importantíssima en la generació de les energies renovables en general i per la energia solar fotovoltaica en particular, la qual serà la font del nostre projecte. Ens encarregarem, doncs, de monitoritzar i supervisar el rendiment i el correcte funcionament d'una instal·lació de panells solars fotovoltaics des de la captació de l'energia fins l'obtenció del senyal altern tal i com l'utilitzem en la xarxa elèctrica domèstica habitual.

3.1 *Descripció del projecte*

La realització d'aquest projecte ens permetrà endinsar-nos de ple en el procés complet de generació d'energia elèctrica a partir de panells fotovoltaics. Serem capaços mitjançant sensors, de tenir la informació necessària per saber el rendiment de la transformació de l'energia solar en electricitat. A grans trets realitzarem un anàlisi a partir dels següents blocs.

- **Procés de captació d'energia solar:** es controlarà el procés de captació d'energia solar, obtenint dades tant l'energia solar rebuda com l'energia elèctrica obtinguda a partir de la captació, així podrem establir les condicions de captació i rendiment en les quals estan els panells fotovoltaics.
- **Procés de conversió en corrent altern:** condicionar el senyal elèctric generat pel panell fotovoltaic per tal d'adaptar-la a les condicions de tensió, corrent i fase del corrent altern domèstic.
- **Procés de mesures:** s'hauran de prendre les mesures en punts clau de la instal·lació per tal de determinar tot un seguit de dades que ens ajudaran a fer un judici sobre el funcionament i eficiència de la instal·lació fotovoltaica.
- **Procés de control:** es dissenyarà un algoritme el qual rebí totes les dades de les mesures realitzades en l'apartat anterior i determini l'estat de la instal·lació fotovoltaica, si estem obtenint nivells òptims de funcionament o si per contra no està resultant eficient o s'ha produït algun error.

3.2 *Objectius*

En aquest punt intentarem plasmar les competències que es pretenen aconseguir amb la realització del treball de final de carrera i la creació del sistema de supervisió d'instal·lacions fotovoltaïques.

3.2.1 *Objectius de l'assignatura*

El que es pretén en aquesta assignatura es el desenvolupament de tot el projecte, amb una planificació prèvia d'acord a un calendari i unes fites establertes, on hi ha clarament un abast perfectament definit i acotat en el temps. Aquest desenvolupament requereix la posada en pràctica de tot un seguit de tècniques tant de gestió de projectes com de coneixements de la matèria.

Aplicar aquests coneixements requeriran una tasca d'aplicació i recerca de continguts, estudiats i nous, amb la fita d'aconseguir l'èxit del projecte tant per aconseguir un sistema que funcioni eficientment com per realitzar una planificació i estructuració del projecte d'acord amb unes especificacions i pautes concretes, per tal que sigui un document totalment vàlid i aplicable a un entorn professional.

3.2.2 *Objectius del projecte*

Aquesta assignatura pretén poder duu a terme molts dels coneixements adquirits durant tota la carrera en diverses assignatures, concretament ens centrarem en tot allò que impliquen les aplicacions electromagnètiques i electròniques. Podem identificar diferents punts d'interès en la realització del projecte com per exemple:

- Aplicar i ampliar els nostres coneixements en el camp de les aplicacions electromagnètiques i electròniques aplicades en el projecte:
 - Ús dels principis de l'electrònica en general.
 - Línies de transmissió.
 - Comprensió i utilització de sensors:
 - Sensors d'irradiància.
 - Sensors de temperatura.
 - Ús de convertidors analògic/digital o digital/analògic.
 - Ús de visualitzadors per tal de copsar el resultat de les mesures.
 - Circuits de filtratge i amitjanat del corrent altern.
 - Programació i ús de microcontroladors tipus PIC.
 - Disseny de circuits en PCB.

- Obtindre un sistema de supervisi3 d'acord amb les especificacions definides en el projecte. Entregar una s6rie de documents del projecte els quals especifiquin els resultats obtinguts, havent seguit una pauta, tenint una planificaci3 i realitzant una execuci3 d'acord amb una marges preestablerts.

3.3 *Planificaci3*

En aquest apartat realitzarem una segmentaci3 del projecte en tasques de durada m6s curta, on estaran detallades les tasques precedents, la feina a realitzar i les sortides que generaran i cap a quines tasques es dirigiran.

Una altra qüesti3 que s'ha de tenir en compte 6s que aquestes tasques i fites estan planificades per comen7ar-les i acabar-les en un temps determinat, el qual es realista, i per tant s'ha de seguir aquest patr3 amb la m6xima fidelitat possible per tal de complir amb aquestes dates estipulades

El resultat final ha de ser la confirmaci3 de l'6xit del projecte i ha de complir amb l'abast i els requisits definits i sol·licitats en el projecte.

3.3.1 *Tasques*

Taula 1: feines a realitzar.

1. An6lisi de requeriments.		Predecessores
1.1.	<u>Llegir documentaci3 projecte</u> : descarregar de l'aula de l'assignatura el material aportat i copsar la informaci3 donada.	
1.2.	Pla de treball.	
1.2.1.	<u>Creaci3 Esborrany Pla de treball</u> : realitzarem la primera aproximaci3 a enfrontar el projecte, definint els objectius i les pautes per a la seva realitzaci3.	1.1.
1.2.2.	<u>Revisi3 Esborrany pla de treball</u> : el consultor donar6 la seva opini3 i consells del pla de treball de l'esborrany entregat. Amb aquests consells podem revisar-ho per tal de millorar el document.	1.2.1.
1.2.3.	Entrega pla de treball	1.2.2.
1.3.	Programari	
1.3.1.	<u>Sistema Operatiu</u> : comprovarem les necessitats en quant a sistema operatiu per tal de realitzar aquest projecte.	1.2.3.
1.3.2.	<u>Instal·laci3 i presa de contacte d'eines per a la simulaci3 de circuits</u> : en aquest punt instal·larem, comprovarem i tindrem una primera presa de contacte amb tot el programari 6til per a la realitzaci3 del projecte.	
1.3.2.1.	TINA TI.	1.3.1.
1.3.2.2.	Orcad.	1.3.2.1.

1.3.2.3.	MPLAB.	1.3.2.2.
1.3.2.4.	Eagle.	1.3.2.3.
1.3.2.5.	Altres.	1.3.2.4.
1.3.2.6.	<u>Conclusions de programari</u> : realitzarem un an3lisi i comentari de les eines tractades en els punts 1.3.2.1, 1.3.2.2, 1.3.2.3, 1.3.2.4. i 1.3.2.5..	1.3.2.5.
2. Estudi de senyals a adquirir.		
2.1.	<u>Mode de funcionament de l'energia fotovoltaica</u> : Analitzarem m3s detalladament com funciona aquesta forma de generaci3 d'energia, buscant exemples, cercant informaci3 en general per tal d'aproximar-nos a possibles circuits.	1.3.2.6
2.2.	An3lisi global dels elements que intervenen en el circuit.	
2.2.1.	Sensor d'irradi3ncia	
2.2.1.1.	<u>An3lisi de funcionament</u> : estudiarem detalladament el sensor d'irradi3ncia per tal d'adquirir uns conceptes els quals podrem emprar per al disseny del projecte.	2.1.
2.2.1.2.	<u>Ús de la informaci3 que aporta</u> : considerarem la manera de utilitzar el funcionament del sensor per tal d'adaptar-ho al nostre projecte.	2.3.1.1.
2.2.2.	Sensor de temperatura.	
2.2.2.1.	<u>An3lisi de funcionament</u> : estudiarem detalladament el sensor de temperatura per tal d'adquirir uns conceptes els quals podrem emprar per al disseny del projecte.	2.3.1.2.
2.2.2.2.	<u>Ús de la informaci3 que aporta</u> : considerarem la manera de utilitzar el funcionament del sensor per tal d'adaptar-ho al nostre projecte.	2.3.2.1.
2.3.	<u>Justificaci3 dels sensors triats</u> : descriurem petites conclusions despr3s d'haver indagat en els sensors triats.	2.3.1.2. i 2.3.2.2.
3. Disseny circuit anal3gic		
3.1.	<u>Plantejament de c3lculs i circuit</u> : realitzarem un esquema inicial de com hauria de ser aquest circuit de mesura.	2.4.
3.2.	Disseny del circuit corresponent.	3.1.
3.3.	Realitzaci3 PAC 2.	
3.3.1.	Creaci3 Esberrany PAC 2.	
3.3.2.	<u>Revisi3 Esberrany PAC 2</u> : el consultor donar3 la seva opini3 i consells de la PAC 2 entregada. Amb aquests consells podem revisar-ho per tal de millorar el document.	3.3.1.
3.3.3.	Enviament PAC 2.	3.3.2.
3.4.	<u>Validaci3 del circuit</u> : comprovarem que el circuit compleix amb les necessitats que proposa l'enunciat del projecte, si cal realitzarem les consultes pertinents al consultor.	3.2.
3.5.	<u>Fase de proves</u> : realitzaci3 de simulacions del circuit per tal de obtenir resultats d'acord amb les especificacions.	3.4.
3.6.	<u>Descripci3 del circuit triat envers alternatives</u> : justificarem el circuit creat amb una descripci3 dels resultats i el disseny triat.	3.5.

4. Sistema de mesura		
4.1.	Comptador d'energia.	
4.1.1.	<u>Anàlisi i disseny comptador d'energia:</u> estudiarem detalladament el comptador d'energia per tal d'adquirir uns conceptes els quals emprar per al disseny del projecte.	3.6.
4.1.2.	<u>Anàlisi de polsos del comptador:</u> anàlisi per aprofitar les dades del comptador d'energia.	4.1.1.
4.1.3.	<u>Càlcul de potència a partir de polsos:</u> trobant aquest càlcul sabrem la potència que ens aporta la instal·lació.	4.1.2.
4.2. Sondeig microcontrolador a utilitzar.		
4.2.1.	<u>Tria de microcontrolador:</u> cerca per tal de emprar el microcontrolador més adient.	4.1.3.
4.2.2.	<u>Plantejament de l'algoritme de programació:</u> esquema de l'algoritme a crear per tal que s'adapti al nostre projecte.	4.2.1.
4.2.3.	<u>Programació de l'algoritme de control:</u> creació de l'algoritme que ens permetrà realitzar les tasques de supervisi3.	4.2.2.
4.2.4.	Plantejament de càlculs i circuit: plantejament te3ric del circuit.	4.2.3.
4.3. Disseny circuit corresponent.		
4.3.1.1.	<u>Anal3gic:</u> disseny de la part anal3gica del circuit.	4.2.4.
4.3.1.2.	<u>Digital:</u> disseny de la part digital del circuit.	4.2.4.
4.3.2.	<u>Validaci3 de circuit:</u> comprovarem que el circuit compleix amb les necessitats que proposa l'enunciat del projecte, si cal realitzarem les consultes pertinents al consultor.	4.3.
4.3.3.	<u>Fase de proves:</u> realitzaci3 de simulacions del circuit per tal de obtenir resultats d'acord amb les especificacions.	4.3.2.
4.3.4.	<u>Descripci3 del circuit triat envers alternatives:</u> justificarem el circuit creat amb una descripci3 dels resultats i el disseny triat.	4.3.3.
4.4. Realitzaci3 PAC 3.		
4.4.1. Creaci3 Esborrany PAC 3		
4.4.2.	<u>Revisi3 Esborrany PAC 3:</u> el consultor donarà la seva opini3 i consells de la PAC 3 entregada, amb aquest consells podem revisar-ho per tal de millorar el document.	4.4.1.
4.4.3.	Enviament PAC 3.	4.4.2.
5. Disseny de circuit global.		
5.1.	<u>Agrupament dels circuits obtinguts:</u> interconnectarem els circuits individuals obtinguts, obtenint un circuit que hauria de ser la versi3 final del projecte.	3. i 4.
5.2. PCB.		
5.2.1.	<u>Anàlisi programari de disseny PCB:</u> analitzarem amb detall el software de creaci3 d'una placa base per implementar el nostre circuit.	5.1.
5.2.2.	<u>Disseny PCB del sistema:</u> es realitzarà la tasca de creaci3, mitjançant un software, de la placa base on anirà el nostre circuit.	5.2.1.

5.2.3.	<u>Validació PCB</u> : realitzarem les comprovacions pertinents per tal que el disseny sigui correcte.	5.2.2.
5.2.4.	<u>Fase de proves</u> : a mesura que es pugui intentarem realitzar proves del funcionament d la placa.	5.2.3.
6. Redacció document final		
6.1.	<u>Presentació</u> : realització de la presentació del projecte	5.
6.2.	Memòria	
6.2.1.	<u>Recopilació de memòria</u> : s'editarà en format electrònic, tota la informació que engloba el projecte.	6.1.
6.2.2.	<u>Lliurament esborrany memòria i presentació</u>	6.2.1.
6.2.3.	<u>Revisió de memòria i presentació</u> : el consultor donarà la seva opinió i consells de la memòria i presentació entregada. Amb aquests consells podem revisar-ho per tal de millorar el document.	6.2.2.
6.2.4.	<u>Lliurament de memòria i presentació</u>	6.2.3.
6.3.	Participació debat	6.2.4.

3.3.2 Fites

Com a fites importants s'han de tenir molt en compte les dates d'entrega de les PAC, també afegirem dates prèvies a les d'entrega a les PAC, per tal d'enviar un esborrany al consultor i d'aquesta manera obtenir un primer feedback de l'entrega. Normalment calcularem uns 5 dies d'antelació a la data d'entrega com a màxim. Hi haurà una excepció del pla de treball on aquesta antelació serà de 3 dies com a màxim.

Les fites quedaran concretades en les següents dates:

Taula 2: fites importants.

Esborrany de pla de treball	10 març de 2012
Entrega pla de treball	13 març de 2012
Esborrany de PAC 2	5 d'abril de 2012
Entrega de PAC 2	10 d'abril de 2012
Esborrany de PAC 3	10 de maig de 2012
Entrega de PAC 3	15 de maig de 2012
Esborrany de memòria i presentació	6 de juny de 2012
Entrega de memòria i presentació	11 de juny de 2012
Participació en Debat	27 fins 29 Juny de 2012

3.3.3 Calendari

Aquesta assignatura es compaginarà amb dues assignatures més. Per aquesta en concret disposarem de 4 hores dilluns, i de 3 hores dimarts, dijous i dissabtes. Els diumenges es dedicarà 1

hora a aquesta assignatura, on en cas de necessitat es pot estendre en cas de ajustar el calendari segons la planificaci3 fins a 4 hores. La distribuci3 d'aquestes hores es heterog3nia, ja que dep3n de les carregues laborals.

El calendari quedar3 definit de la següent forma:

- les dates en fons vermell indiquen les dates clau o fites.
- La dedicaci3 en hores segons color:
 - Taronja: 4 hores.
 - Blau: 3 Hores.
 - Verd: 1 Hora

Març						
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Abril						
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Maig						
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Juny						
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

Figura 1: calendari.

La dedicaci3 mensual al projecte segons calendari ser3 la següent:

Març	62 hores
Abril	61 hores
Maig	62 hores
Juny	26 hores
Total	211 hores

3.3.4 Temporització

Planificarem la dedicació en hores de les tasques a realitzar en el projecte:

Taula 3: planificació temporal de les tasques.

Tasca	Durada	Inici	Fi
1. Anàlisi de requeriments.	32 h	1 Març	13 Març
1.1.Llegir documentació projecte.	7 h	1 Març	4 Març
1.2.Pla de treball.	21 h	5 Març	13 Març
1.2.1. Creació Esborrany Pla de treball.	13 h	5 Març	10 Març
1.2.2. Revisió Esborrany pla de treball.	3 h	10 Març	13 Març
1.2.3. Entrega pla de treball	0 h	13 Març	
1.3.Programari	4 h	11 Març	13 Març
1.3.1. Sistema Operatiu	1 h	11 Març	
1.3.2. Instal·lació i presa de contacte d'eines per a la simulació de circuits.	3 h	12 Març	13 Març
1.3.2.1. TINA-TI	30 m	12 Març	
1.3.2.2. Orcad	30 m	12 Març	
1.3.2.3. MPLAB	30 m	13 Març	
1.3.2.4. Eagle	30 m	13 Març	
1.3.2.5. Altres	30 m	13 Març	
1.3.2.6. Conclusions del programari	30 m	13 Març	
2. Estudi de senyals a adquirir.	19 h	13 Març	24 Març
2.1.Mode de funcionament de l'energia fotovoltaica.	5 h	13 Març	17 Març
2.2.Anàlisi global dels elements que intervenen en el circuit.	12 h	17 Març	22 Març
2.2.1. Sensor d'irradiància.	6 h	17 Març	19 Març
2.2.1.1. Anàlisi de funcionament.	4 h	17 Març	19 Març
2.2.1.2. Ús de la informació que aporta.	2 h	19 Març	
2.2.2. Sensor de temperatura.	6 h	19 Març	22 Març
2.2.2.1. Anàlisi de funcionament.	4 h	19 Març	20 Març
2.2.2.2. Ús de la informació que aporta.	2 h	22 Març	
2.3.Justificació dels sensors triats.	2 h	22 Març	24 Març
3. Disseny circuit analògic	39 h	24 Març	12 Abril
3.1.Plantejament de càlculs i circuit.	8 h	24 Març	27 Març
3.2.Disseny del circuit corresponent.	8 h	27 Març	31 Març
3.3.Realització PAC 2.	13 h	1 Abril	10 Abril
3.3.1. Creació Esborrany PAC 2.	10 h	1 Abril	5 Abril
3.3.2. Revisió Esborrany PAC 2.	3 h	5 Abril	10 Abril
3.3.3. Enviament PAC 2.	0 h	Abril	
3.4.Validació del circuit.	4 h	5 Abril	9 Abril
3.5.Fase de proves.	4 h	9 Abril	10 Abril
3.6.Descripció del circuit triat envers alternatives.	2 h	10 Abril	
4. Sistema de mesura	57 h	12 Abril	15 Maig
4.1.Comptador d'energia.	9 h	12 Abril	19 Abril
4.1.1. Anàlisi i disseny comptador d'energia.	4 h	12 Abril	14 Abril
4.1.2. Anàlisi de polsos del comptador.	3 h	14 Abril	15 Abril
4.1.3. Càlcul de potència a partir de polsos.	2 h	16 Abril	

4.2.Sondeig microcontrolador a utilitzar.	23 h	16 Abril	28 Abril
4.2.1. Tria de microcontrolador.	3 h	16 Abril	17 Abril
4.2.2. Plantejament de l'algoritme de programaci3.	8 h	17 Abril	21 Abril
4.2.3. Programaci3 de l'algoritme de control.	8 h	21 Abril	24 Abril
4.2.4. Plantejament de c3lculs i circuit.	4 h	26 Abril	28 Abril
4.3.Disseny circuit corresponent.	12 h	28 Abril	1 Maig
4.3.1.1. Anal3gic	4 h	28 Abril	30 Abril
4.3.1.2. Digital	4 h	30 Abril	1 Maig
4.3.2. Validaci3 de circuit.	1 h		1 Maig
4.3.3. Fase de proves.	2 h		3 Maig
4.3.4. Descripci3 del circuit triat envers alternatives.	1 h		3 Maig
4.4.Realitzaci3 PAC 3.	13 h	5 Maig	15 Maig
4.4.1. Creaci3 Esborrany PAC 3.	10 h	5 Maig	8 Maig
4.4.2. Revisi3 Esborrany PAC 3.	3 h	10 Maig	15 Maig
4.4.3. Enviament PAC 3.	0 h		15 Maig
5. Disseny de circuit global.	19 h	10 Maig	20 Maig
5.1.Agrupament dels circuits obtinguts.	6 h	10 Maig	14 Maig
5.2.PCB.	13 h	14 Maig	Maig
5.2.1. An3lisi programari de disseny PCB.	1 h		14 Maig
5.2.2. Disseny PCB del sistema.	8 h	14 Maig	17 Maig
5.2.3. Validaci3 PCB.	2 h		19 Maig
5.2.4. Fase de proves.	2 h	19 Maig	20 Maig
6. Redacci3 document final	45 h	21 Maig	29 Juny
6.1.Presentaci3	8 h	28 Maig	24 Maig
6.2.Mem3ria	33 h	26 Maig	11 Juny
6.2.1. Recopilaci3 de mem3ria	26 h	26 Maig	6 Juny
6.2.2. Lliurament esborrany mem3ria i presentaci3	0 h		6 juny
6.2.3. Revisi3 de mem3ria i presentaci3	7 h	6 juny	11 Juny
6.2.4. Lliurament de mem3ria i presentaci3	0 h		11 juny
6.3.Participaci3 debat	4 h	27 Juny	29 Juny
Total Hores	211 h		

3.3.5 Diagrama de Gantt

El Diagrama de Gantt del projecte quedar6 definit de la següent manera:

Figura 2: diagrama de Gantt d'anàlisi de requeriments.

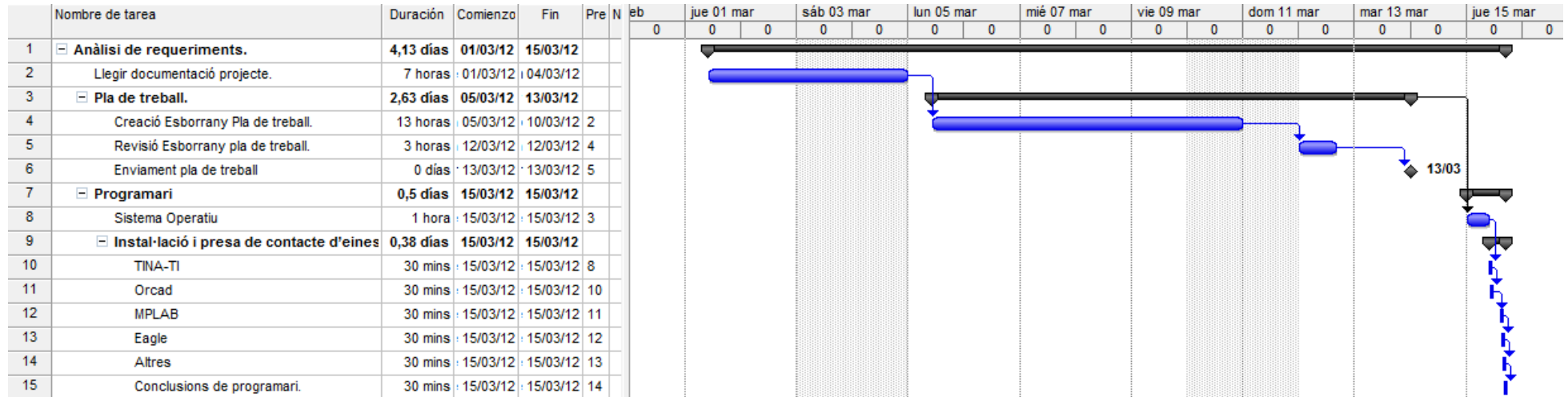


Figura 3: diagrama de Gantt de l'estudi de senyals a adquirir.

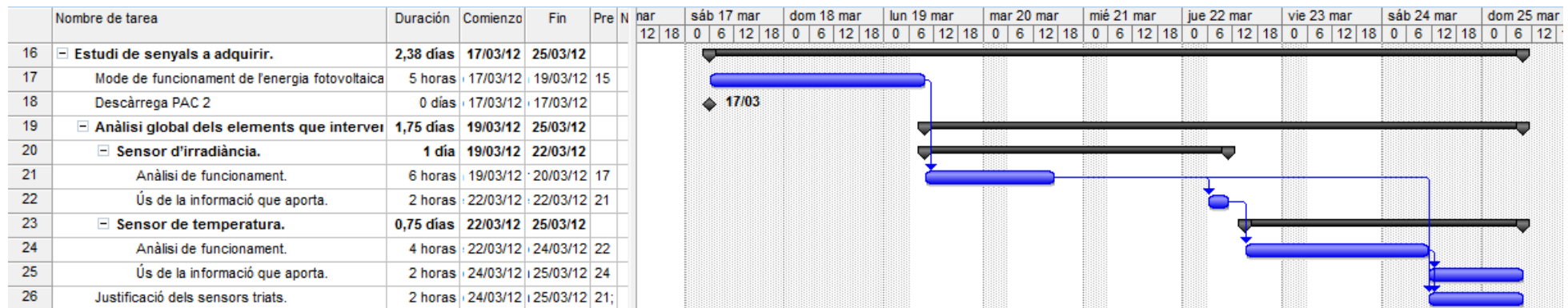


Figura 4:diagrama de Gantt del disseny del circuit anal3gic.

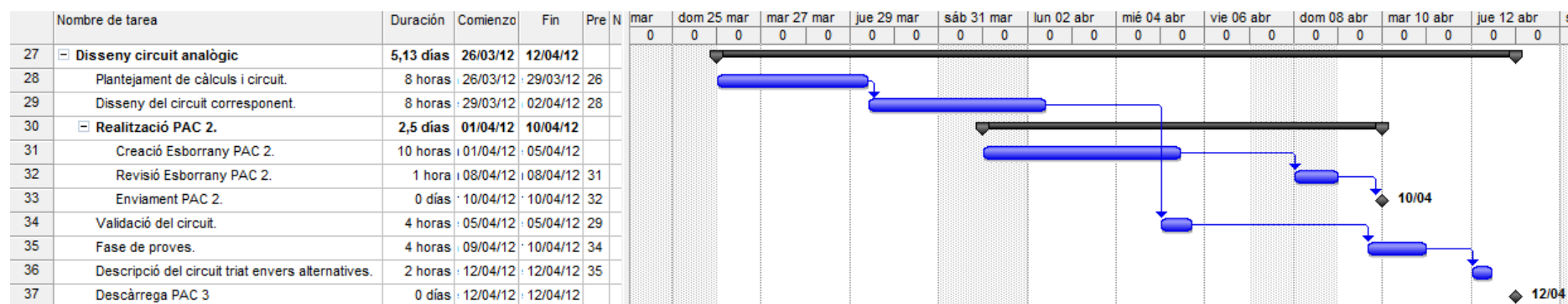


Figura 5: diagrama de Gantt del sistema de mesura.

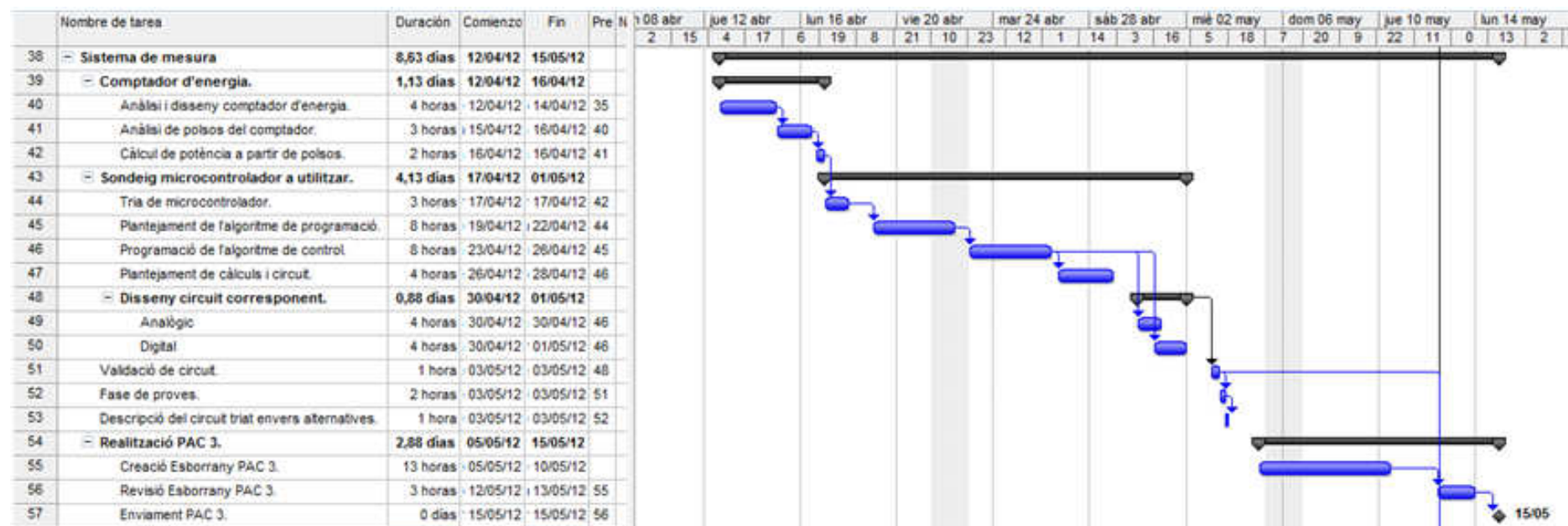


Figura 6: diagrama de Gantt del disseny del circuit global.

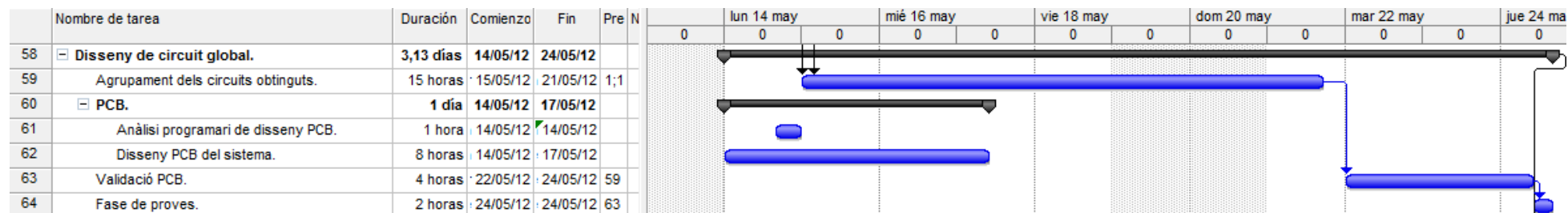
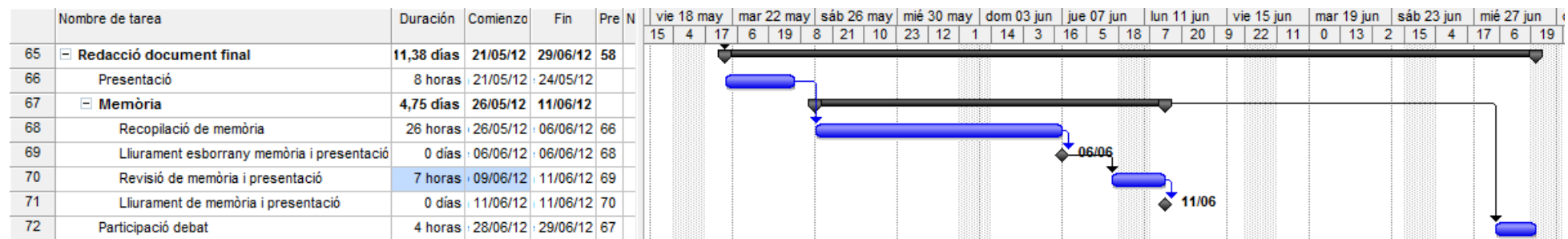


Figura 7: diagrama de Gantt de la redacci3 del document final.



3.4 *Avaluaci3 de materials*

A continuaci3 citarem els principals requeriments per tal de duu a bon port l'execuci3 del nostre projecte.

3.4.1 *Requeriments de software*

Detallarem els requeriments necessaris per a realitzar el projecte en qüestió, tenint en compte diversos factors com poden ser el cost la portabilitat, etc.

- Sistema operatiu Windows, Linux o MacOSX.
- Eines de virtualitzaci3 de sistema operatiu Windows en cas d'emprar SO Linux o MacOSX (VMBox per exemple).
- Microsoft Word o openOffice Writer.
- Microsoft Project o openProj.
- Eines de simulaci3 de circuits (Orcad, TINA-NI, MPLAB, Proteus, Eagle...).
- Microsoft Powerpoint o openOffice Impress.

3.4.1.1 *Sistema operatiu*

Triarem entre 3 sistemes operatiu que tenim prèviament instal·lats en la nostra estaci3 de treball. Aquest son Windows 7, Ubuntu i MacOSX.

La nostra estaci3 de treball habitual disposa de windows7 i Ubuntu. El sistema operatiu MacOSX el tenim en un equip portàtil m3s antic. Disposem tamb3 d'una altra estaci3 de treball amb Ubuntu. L'equip portàtil amb MacOSX es el m3s antic i per tant el seu rendiment per executar programes es m3s baix. Els altres dos equips executen sense problemes aplicacions de tot tipus.

Si ho analitzem econ3micament, la millor soluci3 3s, sens dubte, triar una distribuci3 Linux, ja que no ens sumarà cap cost en qüestió de llicències de software del SO, no com els casos de MacOSX i Windows on haurem d'afegir els costos de les respectives llicències.

3.4.1.2 *Software específic*

En quant al software específic per al disseny de circuits direm que per al disseny de circuits utilitzarem molt la plataforma PSpice (inclosa en el software Orcad), ja que es el programari que es va utilitzar en l'assignatura de fonaments tecnol3gics II, i tenim una certa experi3ncia amb la versi3 educativa del producte.

En quant a altre software que ens pot anar molt b3 per al disseny de circuits destacaria QUCS per a Linux, ja que es una versió for3a intuïtiva i completa i gratuïta, per altra banda el software Multisim, el qual es el software m3s complet dels que em trobat, i ens pot ser de molta utilitat per segons quin tipus d'anàlisi s'hagi de fer servir.

Per al disseny i programaci3 de microcontroladors PIC utilitzarem MPLAB, el compilador CCS i Proteus, ja que es estem parlant de les eines m3s completes per realitzar aquesta que hem utilitzat.

Per finalitzar destacarem la instal·laci3 de les eines Microsoft Word, Microsoft PowerPoint i Camtasia Studio. La primera aplicaci3, Microsoft Word, ens servirà per a la realitzaci3 d'aquest document, i les dues següents, tant Microsoft PowerPoint com Camtasia Studio, ens seran de molta utilitat per la presentaci3 en v3deo d'aquest projecte.

3.4.2 Requeriments de hardware

Els requeriments de hardware es una estaci3 de treball estàndard de la UOC. El software per tal de realitzar el projecte no necessita excessius recursos.

3.4.3 Llibres

Com a llibres de text ens referirem al següent material, el qual s'ha estudiat en les assignatures de la UOC impartides en la E.T.T. Especialitat telemàtica:

- "Metodologia i gesti3 de projectes".
- " Aplicacions electromagn3tiques i electr3niques" (P08/19018/00542).
- "Fonaments tecnol3gics II" (19.002).
- "Sistemes electr3nics digitals", (19.010).
- "Fonaments f3sics de l'enginyeria" (XP06/19009/00943).

3.4.4 Altres materials de consulta

Poden ser del nostre inter3s algunes pàgines web que ens poden donar una informaci3 general, tant del funcionament d'una instal·laci3 fotovoltaica, com de productes específics a implementar en el nostre projecte. Algunes d'aquestes webs son les següents:

<http://cec.vcn.bc.ca/mpfc/modules/pm-plns.htm>

<http://www.abasol.com/fotovoltaica.html>

www.sensorsportal.com

www.analog.com

http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaiico

www.ti.com

www.microchip.com

<http://www.grupsolar.com/>

3.5 ***Incidències i riscos***

En aquest apartat exposarem diversos riscos presents en la realització d'aquest projecte. Aquests riscos poden posar en perill la planificació, i com a conseqüència l'èxit del projecte, per tant els hem de tenir molt en compte per tal de poder corregir-los en cas que es produeixin.

- Exigències del projecte segons la planificació: trobar-se fora de termini segons les estipulacions de calendari.
- Motius de salut: possibilitat de contraure alguna baixa per motius de salut.
- Càrrega laboral: un pic de producció o de demanda laboral professional.
- Càrrega acadèmica: problemes de compatibilitat amb les altres dues assignatures cursades.
- Compromisos.
- Avaries en els equips de treball.

3.5.1 *Contingències*

En aquest punt intentarem prendre les mesures correctores necessàries per tal de que els riscos descrits no afectin el bon curs del projecte.

Taula 4: riscos i contingències.

Risc	Contingència
<i>Exigències del projecte segons la planificació:</i>	Disposem de un marge d'hores "corrector" els diumenges de cada setmana, per tal que si fes falta, s'ampliaria la càrrega de treball.
<i>Motius de salut:</i>	Si per motius de salut, no es pot compaginar tota la càrrega acadèmica, prioritzarem en aquesta assignatura envers les altres dues.

C3rrega acad3mica:

Com en el cas anterior, la prioritat ser3 la realitzaci3 del projecte. Segons la planificaci3 inicial, no hi ha entregues clau en les altres assignatures que afectin el projecte, en cas que s'hagi de realitzar alguna, posteriorment augmentarem la nostra implicaci3 en el projecte.

C3rrega laboral:

En aquest cas es miraria de reestructurar el calendari per tal de treure les hores necess3ries per l'acompliment de les tasques.

Compromisos:

En els compromisos a mitj3 termini, planificarem una gesti3 preventiva del projecte per tal de no enrederir l'execuci3 del projecte.

Avaries en els equips de treball:

Disposarem d'un port3til extra amb tot el programari a punt per poder ser utilitzat. En quant als arxius, s'emmagatzemaran c3pies peri3diques, en disc, USB i en un compte de correu per tal de tenir sempre possibilitat d'accedir enlloc.

4. Plantejament del projecte

Per a realitzar aquest projecte, primer de tot hem d'obtenir una primera aproximaci3 als elements que poden intervenir per al sistema de supervisi3 d'instal·lacions fotovoltaiques. Un cop identificats aquests elements, analitzarem els seu funcionament, les seves especificacions, particularitats i com aplicarem i condicionarem aquests elements per tal d'aconseguir un funcionament 3ptim.

4.1 *Principi de captaci3 solar*

El primer que farem es una breu introducci3 al funcionament del sistema a supervisar, en concret l'energia solar fotovoltaica, d'aquesta entendrem perfectament el marc d'actuaci3 en el qual ens movem.

Per tal de captar l'energia solar i transformar-la en energia calen panells solars. Aquests panells estan fabricats amb una uni3 de c3l·lules fotovoltaiques, fabricades b3sicament de un material semiconductor , el qual exposat a la llum, fa que un fot3 d'energia arrenca un electr3 del semiconductor. L'electr3 arrencat deixa un "forat" i troba f3cilment un altre forat per omplir. Pel que fa el fot3, la seva energia s'acaba dissipant.

Aquest moviment de electrons i forats, controlat correctament, genera una diferencia de potencial entre dos capes separades, al igual que una pila com3.

4.2 *Estructura de la c3l·lula fotovoltaica*

La c3l·lula fotovoltaica es compon de la uni3 de dues capes com hem dit anteriorment, aquestes capes estan dopades, les anomenem aix3 perquè s'alteren les seva puresa (amb bor i f3sfor habitualment) per tal que adquireixi unes propietats especials. Hi ha dos tipus de capes, anomenades capes n i p¹, totes dues amb un gruix de 300nm aproximadament.

- Capa n (negativa): capa amb un contingut d'electrons m3s alt que una oblea de silici pur.
- Capa p (positiva): capa amb un contingut d'electrons m3s baix que una oblea de silici pur.

Quan el fot3 arrenca un electr3, es genera un camp el3ctric, on els forats s'acumulen en la capa p i els electrons en la capa n, creant d'aquesta manera, els pols positiu i negatiu

¹ Tamb3 existeixen capes n+ i p+ les quals hi aporten m3s impureses (m3s dopades), amb aix3 s'aconsegueix reduir la resist3ncia el3ctrica en les 3rees de contacte.

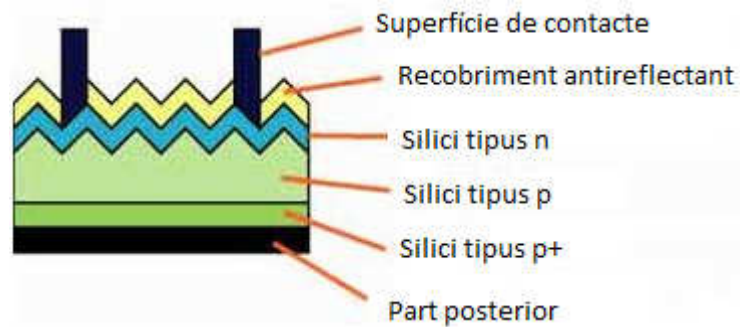


Figura 8: Estructura de c3l·lula fotovoltaica

Degut a que la producci3 d'energia per c3l·lula es petita, s'encadenen les c3l·lules en s3rie, aconseguint el que es denomina un panell solar. Aquests panells tamb3 s'associen, podent aconseguir uns nivells m3s acceptables en la producci3 d'energia el3ctrica.

L'energia que s'aconsegueix a trav3s dels panells fotovoltaics es de corrent continu. Per tal d'aprofitar-la en una llar com3 hem d'adaptar-la al corrent altern (220 V 50 Hz), aix3 s'aconsegueix emprant un inversor i un seguit de filtres per tal d'adequar-la perfectament.

4.3 *Visi3 Global*

A continuaci3 donarem una breu introducci3 dels elements que formaran part en el nostre sistema de supervisi3, els quals han de donar cobertura als objectius i abast marcats. Aquest elements han d'aconseguir obtenir, processar i donar la informaci3 necess3ria per tal que puguem tenir una idea real de com estan treballant els panells fotovoltaics esmentats anteriorment.

Per tal de saber com s'est3 comportant la instal·laci3 fotovoltaica, necessitarem saber una s3rie de par3metres per fer l'avaluaci3:

- La pot3ncia que est3 generant, ja que tindrem idea de la producci3 que genera la instal·laci3 fotovoltaica. Aquest valor ens servir3 com a refer3ncia per avaluar amb els sensors.
- La incid3ncia del sol sobre els panells (irradi3ncia) ens indicar3 si la pot3ncia generada corresponent amb el que s'esperava, no tindria sentit tenir un nivell d'irradi3ncia molt alt i una generaci3 de pot3ncia baixa o a l'inrev3s.
- La temperatura ambient es un factor que altera el comportament dels components instal·lats, per tant les temperatures extremes (tant negatives com positives) ens poden donar valors de pot3ncia no desitjats o incl3s malmetre algun dispositiu, per tant hem de tenir en compte les condicions de temperatura ambient en el proc3s de transformaci3 de l'energia el3ctrica.

4.4 *Elements bàsics del circuit*

Instal·larem un sensor d'irradiància el qual ens donarà informació sobre la incidència del sol en els panells fotovoltaïcs, aquest valor ens ajudarà a saber si el marge de treball dels panells es el correcte.

D'altra banda també instal·larem un sensor de temperatura, on tindrem una idea de les condicions ambientals en la captació de l'energia solar, ja que molts components treballen de formes diferents segons la temperatura en la qual treballin.

Hem de tenir present que per obtindre una idea de l'energia produïda, necessitem un comptador d'electricitat.

Aquests elements podrien donar informació indicada en algun tipus de display, i posteriorment a partir de la informació dels diferents displays valorar si estem produint suficientment energia o no, Però el que realment volem es que el sistema controli aquests paràmetres que ens aporten els sensors, i segons uns càlculs ens determini si aquest valor s'ajusta a la potència desitjada o hi ha alguna cosa que no funciona com s'espera. Aquest control ho realitzarem mitjançant un microcontrolador PIC, el qual hi connectarem com a entrades les informacions rebudes pels sensors i el comptador i com a sortida una sèrie de led que ens ajudaran a tenir una visió directa i ràpida de si el funcionament es òptim o no.

5. Circuit Anal3gic

El circuit anal3gic constarà de tota l'estructura electr3nica no digital que es part del nostre sistema de supervisi3 d'instal·lacions el3ctriques.

5.1 *Descripci3*

Tant el sensor d'irradiància com el sensor de temperatura formaran part del circuit anal3gic que emprarem. Aquests sensors ens entreguen uns valors segons la informaci3 que capten i el que farà aquests circuits anal3gics serà adequar el senyal del sensor per tal que posteriorment el microcontrolador PIC pugui avaluar el senyal del sensor.

5.2 *Sensor de temperatura*

El sensor de temperatura triat per realitzar la mesura serà el model Tritec Pt1000², en concret la versió per a exteriors.



Figura 9: Sensor Tritec Pt1000 per a exteriors

Veient les seves especificacions ens trobem amb un sensor de temperatura basat en una resistència detector tèrmic (RTD) de platí Pt1000. Aquesta resistència varia segons la temperatura en que es troba. Hem trobat un datasheet³ basat en el mateix RTD, allà trobem la recta en la qual varia la seva resistència segons la temperatura rebuda:

² Link: <http://www.tritec-energy.com/es/equipos-de-medicion-y-control/sensores-de-temperatura-tritec-c-69/>

³ Document d'especificacions tècniques. Link: http://www.nasa-d.com/images/products/pdf-14_38_68.pdf

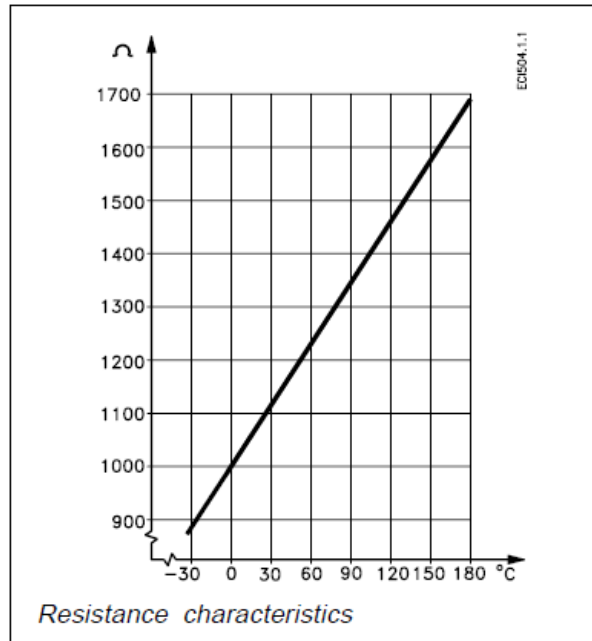


Figura 10: Relaci3 temperatura/Resist3ncia de Pt1000

La resposta de la resist3ncia segons les variacions de temperatura es força lineal, un requisit important per tal d'utilitzar-la com a sensor de temperatura. Podem veure clarament que hi ha un valor de refer3ncia per a utilitzar en el RTD, i es que a 0 °C presenta una resist3ncia de 1000 ohms. Aquesta variaci3 de temperatura evoluciona segons el paràmetre alpha (α), el qual es pendent de la recta del RTD entre 0 i 100 °C. Per al RTD basat en pt1000 sol tenir una $\alpha = 3.85 \cdot 10^{-3}$.

Amb aquest paràmetre α , podem trobar tots els valors de la resist3ncia RTD segons la seva temperatura.

- Si $-200 \text{ }^\circ\text{C} < T < 0 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$R_T = 1000 \cdot \left[1 + 3,9083 \cdot 10^{-3} \frac{T}{^\circ\text{C}} - 5,775 \cdot 10^{-7} \frac{T^2}{^\circ\text{C}^2} - 4,183 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{T^3(T - 100)}{^\circ\text{C}^4} \right]$$

- Si $0 \text{ }^\circ\text{C} \leq T < 850 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$R_T = 1000 \cdot \left[1 + 3,9083 \cdot 10^{-3} \frac{T}{^\circ\text{C}} - 5,775 \cdot 10^{-7} \frac{T^2}{^\circ\text{C}^2} \right]$$

5.3 Sensor d'irradiància

El sensor d'irradiància ens aportarà la informaci3 necessària per tal de saber la incid3ncia de sol en les plaques solars.

Seguirem el sensor d'irradi3ncia proposat en la seva nova versió, concretament el sensor Spektron 210⁴ de Tritec. Les seves especificacions mes importants son les següents:

- No necessita alimentaci3 externa.
- La seva sortida ser3 una tensi3 proporcional a la irradiaci3 rebuda, de 0 a 75 mV, tenint com a valor màxim de sortida de 75 mV quan la irradi3ncia sigui 1000 W/m².



Figura 11: Sensor d'irradi3ncia Spektron 210

L'evoluci3 de la tensi3 aportada segons la irradi3ncia rebuda vindr3 donada per la següent formula:

$$V_0[mV] = 0; \quad \text{si } Ir \leq 0 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$V_0[mV] = 0,075 \cdot Ir; \quad \text{si } 0 < Ir < 1500 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

⁴ Link: http://www.tritec-energy.com/images/content/10803001_TRITEC_sensores_de_irradiacion_web_esp.pdf

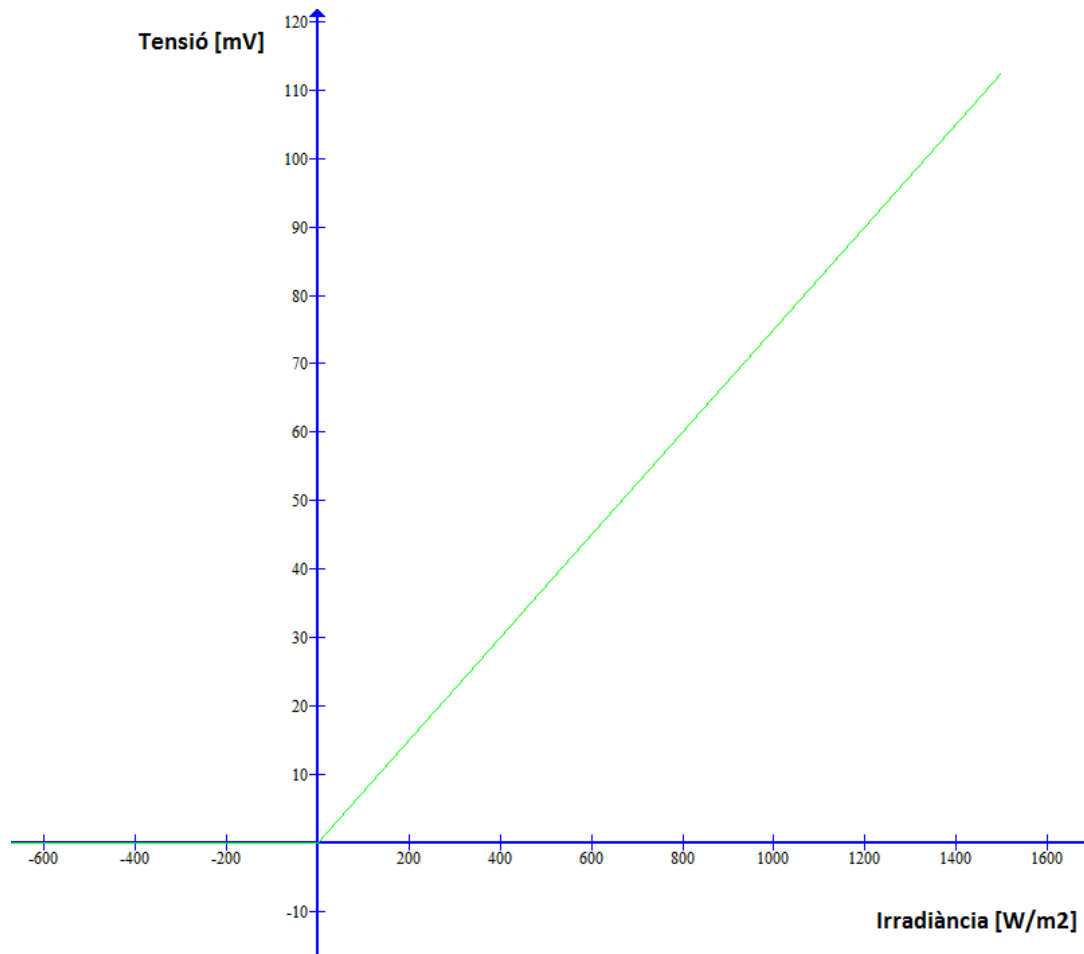


Figura 12: recta tensió/irradiància del sensor.

5.4 Disseny Circuit analògic

En aquest apartat ens ocuparem d'adequar els senyals provinents dels sensors, els quals són de tipus analògic. L'adequació es tractarà bàsicament d'amplificar el senyal del sensor i amplificar-la a una senyal compresa entre els 0-5V. Un cop aconseguit aquest objectiu ja es podran enviar al conversor analògic-digital (ADC) del microcontrolador PIC.

5.4.1 Sensor de temperatura

El següent pas es com dissenyar el circuit per tal d'obtenir una tensió de sortida segons la variació de la RTD. Per tal d'obtenir aquest resultat utilitzarem un pont resistiu o pont de Wheatstone.

Abans de crear el pont de Wheatstone hem de tenir clar els valors de resistència els quals presentarà el RTD en els moments que el sistema de supervisió ha d'avisar. Si observem les especificacions del projecte hem de tenir en compte tres factors de temperatura:

- Temperatura inferior a -5°C : s'ha d'activar un llum d'avís.
- Temperatura entre -5°C i 70°C : marge òptim.
- Temperatura superior a 70°C : s'ha d'activar un llum d'avís.

Veient la figura 3 podem aproximar els valors respectius del RTD Pt1000 en les temperatures "crítiques":

- Quan la temperatura ambient es de -5°C la resistència te un valor de 980 ohms:

$$R_T = 1000 \cdot \left[1 + 3,9083 \cdot 10^{-3} \frac{-5^{\circ}\text{C}}{^{\circ}\text{C}} - 5,775 \cdot 10^{-7} \frac{(-5^{\circ}\text{C})^2}{^{\circ}\text{C}^2} - 4,183 \cdot 10^{-12} \frac{(-5^{\circ}\text{C})^3((-5^{\circ}\text{C}) - 100)}{^{\circ}\text{C}^4} \right] = 980,44 \Omega$$

- Quan la temperatura ambient es de 70°C la resistència té un valor de 1271 ohms:

$$R_T = 1000 \cdot \left[1 + 3,9083 \cdot 10^{-3} \frac{70}{^{\circ}\text{C}} - 5,775 \cdot 10^{-7} \frac{70^2}{^{\circ}\text{C}^2} \right] = 1270,75 \Omega$$

Aquest pont resistiu ajustarem les seves resistències per tal que en el moment que hi hagi una temperatura en el RTD de -5°C aporti una tensió de sortida de 0 V.

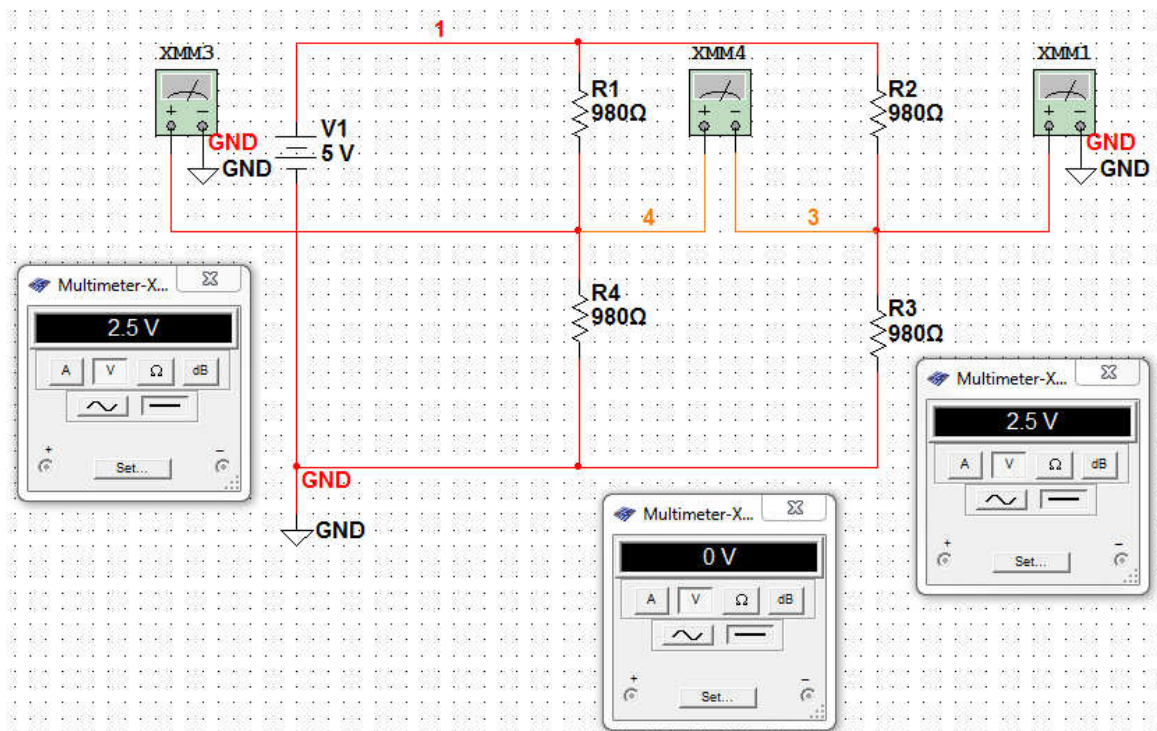


Figura 13: Pont de Wheatstone en temperatura de referència $T=-5^{\circ}\text{C}$

Veiem en la figura 11 com a la temperatura de referència la diferència de potencial dels borns de sortida serà 0V. També observem com hem decidit alimentar el circuit amb una tensió de 10V

encara que aquest valor es pot modificar si es desitj3s obtenir un altre tensi3 de sortida mes o menys elevada.

En el cas que la temperatura arribi als 70° C el pont de Wheatstone es comportar3 de la seg3ent forma:

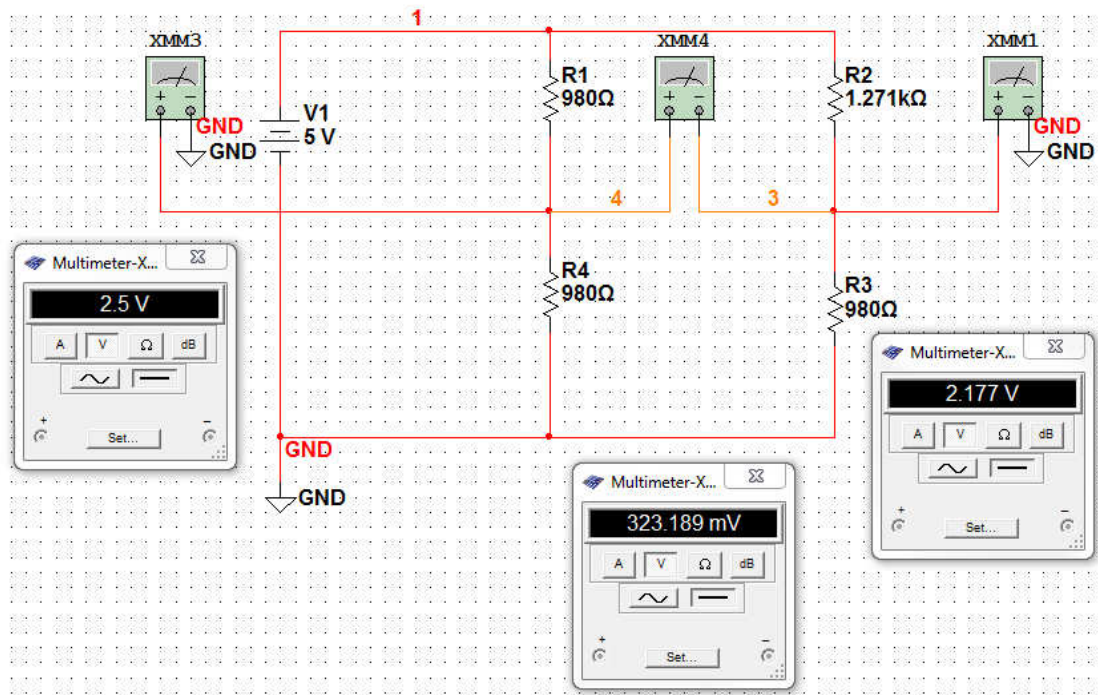


Figura 14: Pont de Wheatstone en $t=70^{\circ}\text{C}$.

El seg3ent pas es com adequar la tensi3 de sortida per tal que el microcontrolador la pugui interpretar en un futur tractament. Nosaltres pensem en utilitzar un amplificador operacional (AO) for3a utilitzat, en concret es el model LM741⁵, aquest AO ens donar3 valors de sortida segons la comparaci3 d'aquesta difer3ncia de potencial, per tant la seva utilitzaci3 com a amplificador diferencial.

Ho dissenyarem per tal que s'amplifiqui la tensi3 rebuda pel pont de Wheatstone, aproximant que quan la temperatura estigui al voltant dels 70°C (per tant el RTD tingui un valor al voltant dels 1271 Ω) la sortida sigui de l'AO sigui 5V.

Per crear l'AO diferencial hem creat el seg3ent disseny:

⁵ Link: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/e/0lgp4i43dt7g3gjrrfr6uj1ihlfy.pdf>

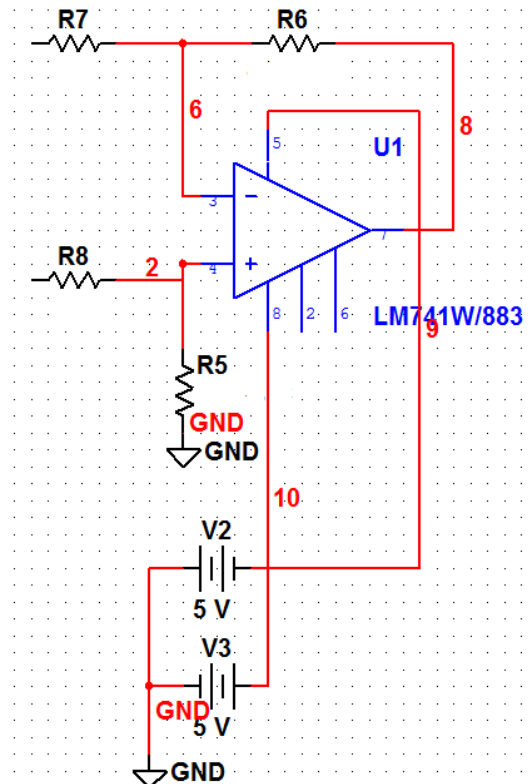


Figura 15: esquema AO diferencial.

Hem considerat el següent:

- Per R7 passa $V=5V$ del pont de Wheatstone. L'anomenarem V1.
- Per R8 passa la tensió del RTD del pont de Wheatstone. L'anomenarem V2.
- El guany que haurà de tenir el senyal serà:

$$G = \frac{5V - 0V}{323,189 \text{ mV} - 0V} = 15,471$$

$$G = 15,471 \approx \frac{R_2}{R_1}$$

La nostra tria serà que $R_2 = 15470 \Omega$ i $R_1 = 1000 \Omega$.

Per ultiu, ens caldrà dos AO m3s funcionant com adaptadors d'impedància, els situarem un per cada connexi3 entre el pont de Wheatstone i l'AO diferencial, obtenint finalment el circuit anal3gic per al sensor de temperatura.

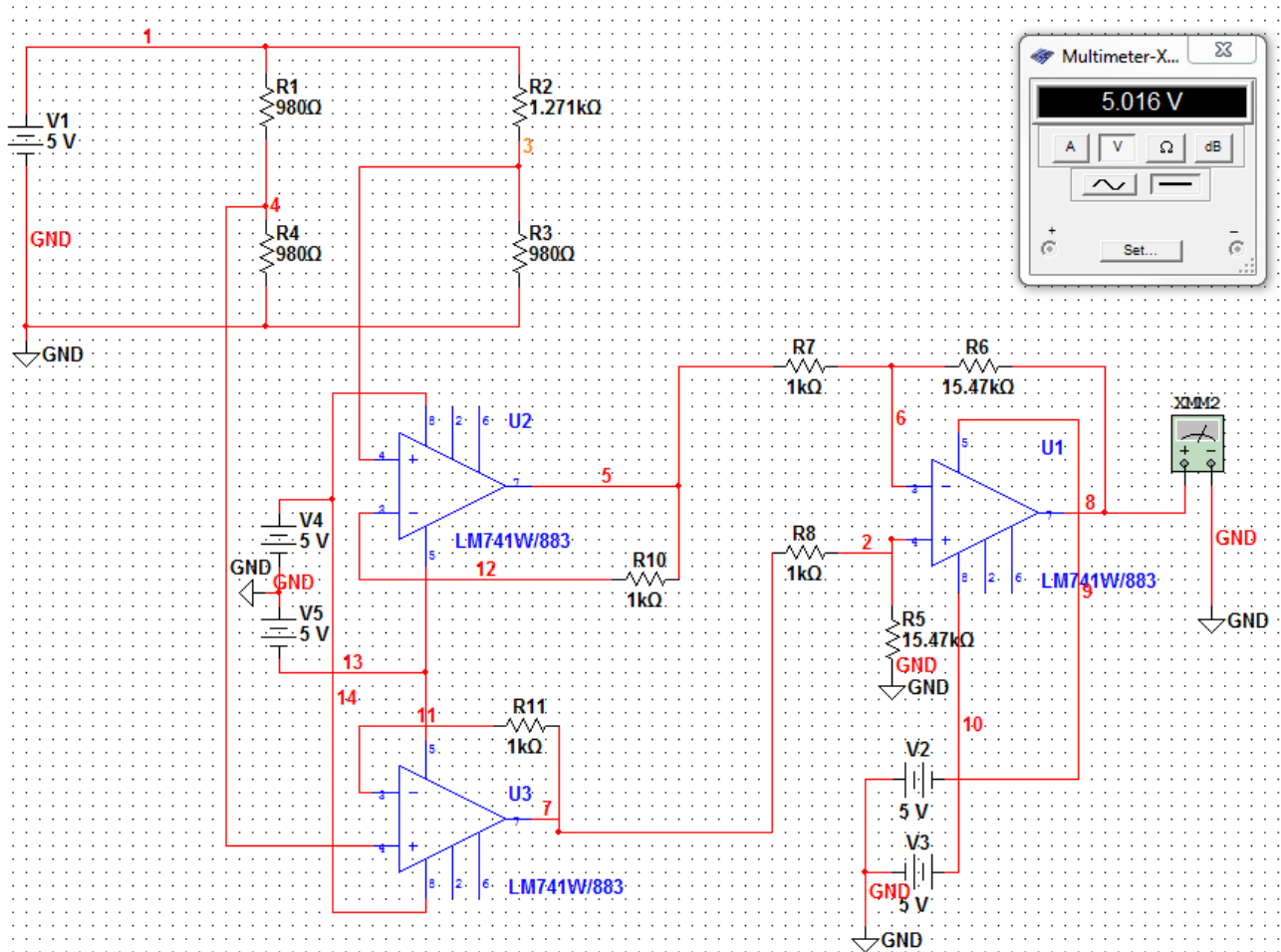


Figura 16: Circuit del sensor de temperatura en $T = 70^\circ \text{C}$.

Quan $T = -5^\circ \text{C}$ la tensi3 de sortida ser3 0, ja que la difer3ncia de les entrades es nul·la.

5.4.2 Sensor d'irradi3ncia

Per aquest sensor ens caldr3 un altre amplificador operacional el qual aporti una tensi3 de sortida de 5V quan el sensor ens estigui donant la informaci3 d'irradi3ncia m3xima, o sigui 75 mV. Seguirem utilitzant el AO LM741⁶, aquesta vegada per3 en un altre mode de funcionament, en aquest cas funciona com un AO retroalimentat negativament en mode no inversor, el disseny del qual es el seg3ent:

⁶ Es el mateix AO emprat per al sensor de temperatura de la p3gina 28 d'aquest mateix document.

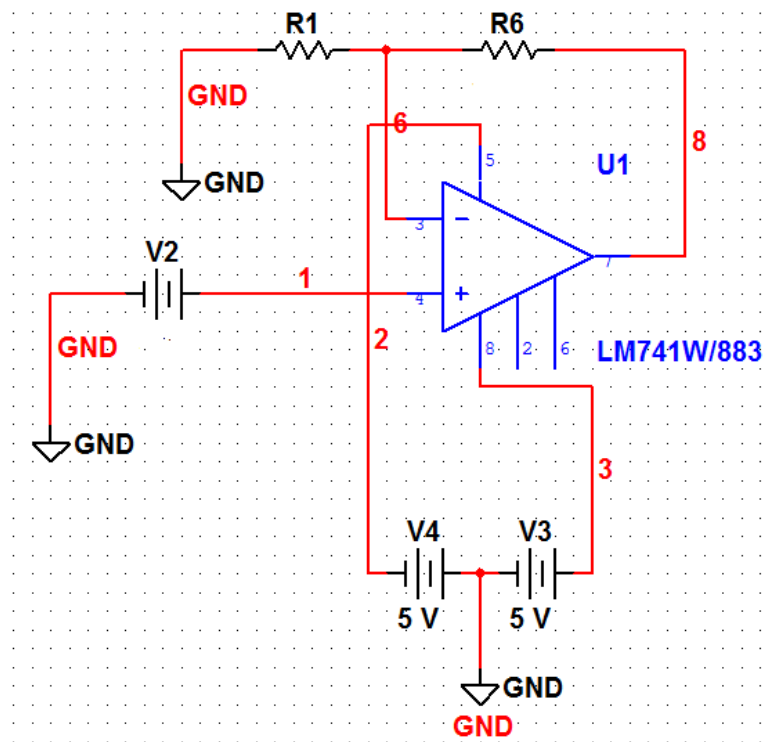


Figura 17: esquema AO no inversor.

Hem considerat el següent:

- V2 representa la tensió atorgada pel sensor d'irradiància.
- La tensió de sortida (V_0) vé donada per la següent fomula:

$$\frac{V_0}{V_i} = 1 + \frac{R_6}{R_1}$$

Quan la irradiància es de 1500 W/m^2 , o el que es el mateix, el seu valor màxim:

$$V_{\text{sensor}} = 0,075 \cdot 1500 = 112,5 \text{ mV}$$

Amb aquesta tensió màxima volem que la sortida de l'AO sigui 5V, per tant:

$$\frac{5V}{112,5mV} - 1 = \frac{R_6}{R_1}$$

$$\frac{391}{9} \approx \frac{R_6}{R_1}$$

La nostra tria serà que $R_6 = 3910 \Omega$ i $R_1 = 90 \Omega$.

El circuit analògic relacionat amb el sensor d'irradiància, doncs, serà el següent:

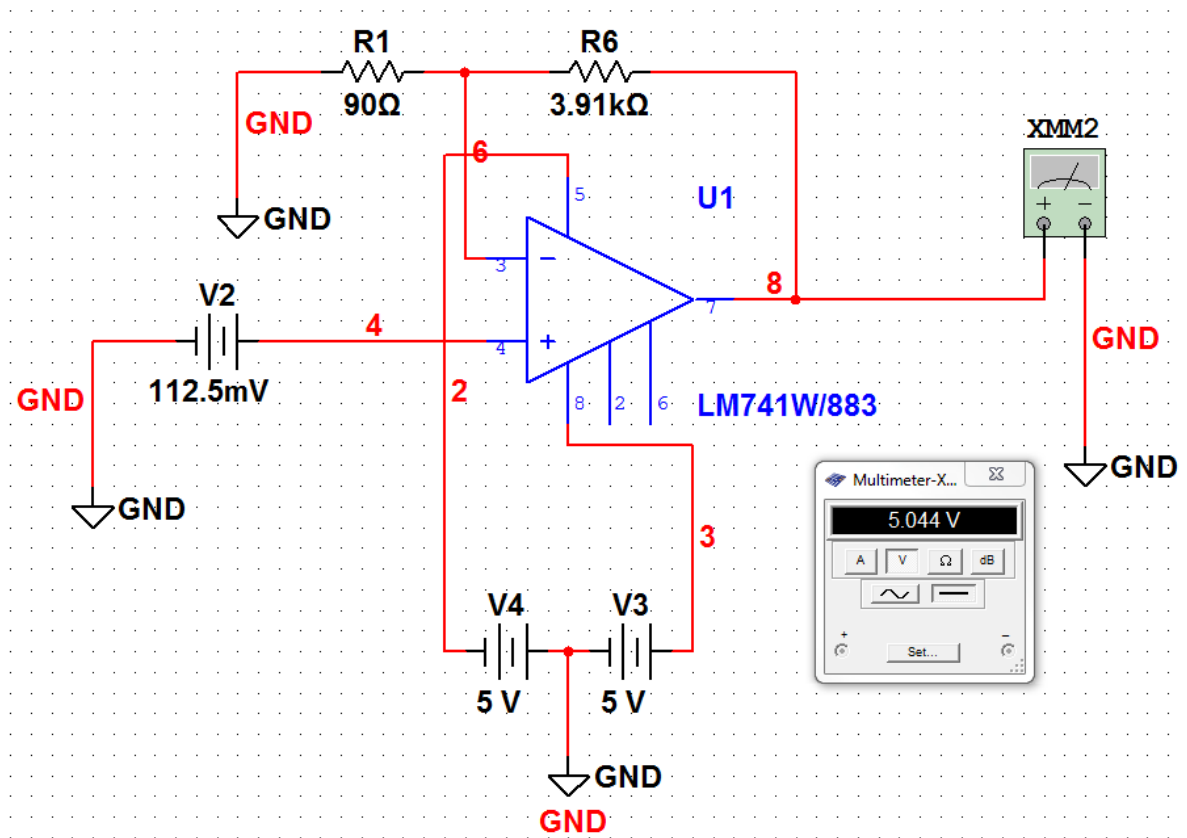


Figura 18: Circuit del sensor d'irradiància en entrega màxima (112.5mV).

Quan el sensor d'irradiància aporti la seva tensió mínima, o sigui 0V, la tensió de sortida també serà 0 V.

5.5 Sistema de mesura

El següent pas es poder crear un circuit el qual permeti captar les dades d'un comptador d'energia elèctrica generada i poder determinar el valor de potència que s'està generant en la instal·lació fotovoltaica. D'aquesta manera tindrem un valor determinant per saber si la generació d'energia elèctrica està funcionant correctament o si en canvi, hem de revisar la instal·lació degut a valors no esperats.

5.5.1 Comptador d'energia

El primer pas es valorar el funcionament del comptador d'energia elèctrica que utilitzarem, en concret el model 0800351 de la marca Tritec, les especificacions del qual son les següents:

Art. n°	0800351
	
Modelo	Contador el3ctrico monof3sico, rail DIN
Tensi3n de medici3n	230 V
Salida	Puerto 50 (DIN 43864)
Salida de pulsos	2000 pulsos/kWh
Frecuencia	50/60 Hz
Precisi3n de medida	Clase 1
Clase de precisi3n de la corriente nominal	5 A
Tensi3n nominal m3x.	25 A
Temperatura ambiente	-20 a +55 °C
Tipo de conexi3n	Bornes, hasta 8 mm ²
Montaje	35 mm perfil, en cualquier posici3n
Carcasa	Pl3stico gris
Normas	Marca CE

Veiem que el comptador genera 2000 pulsos cada kWh (1 puls cada 0,5 Wh), com que els puls tindran un valor de tensi3n homogeni, podem adaptar-la, si cal, perquè es connecti directament a una entrada del PIC, si aquesta entrada compara el temps entre un puls hi una altre podem deduir els kWh que est3 generant en un prec3s moment. Aquestes mesures les realitzarem en un temps prudencial, ja que si engeguem un LED d'alarma no volem que sigui per un aconteixement puntual, com per exemple la pres3ncia d'un n3vol en un instant concret, sin3 que volem que els LED d'alarma siguin per a fets m3s que espor3dics.

5.5.2 Microcontrolador PIC

La tria del microcontrolador PIC es un aspecte important, ja que representar3 el centre d'operacions i accions del nostre circuit. El microcontrolador tindr3 diverses entrades, les quals aportaran una sortida determinada per un algoritme que haurem creat pr3viament. Aquest algoritme ha de valorar el tipus d'entrada que entra, la transformaci3n que volem aplicar i aconseguir tenir una sortida d'informaci3n esperada.

Necessitem per al nostre circuit un microcontrolador PIC que incorpori un ADC⁷, all3 i connectarem les sortides dels sensors de temperatura i d'irradi3ncia. Haurem de quantificar aquestes entrades anal3giques, ja que necessitarem un nombre de bits m3nim per tal de quantificar amb una certa precisi3n les dades. Creiem que un pas de quantificaci3n m3nim de 0,5 en els sensors de temperatura i irradi3ncia es acceptable per al nostre circuit, aix3 suposar3 que necessitarem els següents bits com a m3nim per tal de garantir aquest pas de quantificaci3n:

⁷ Conversor Analogic-Digital.

$$\frac{FS}{2^n - 1} < 0,1 \rightarrow \frac{5}{2^n - 1} < 0,1 ;$$

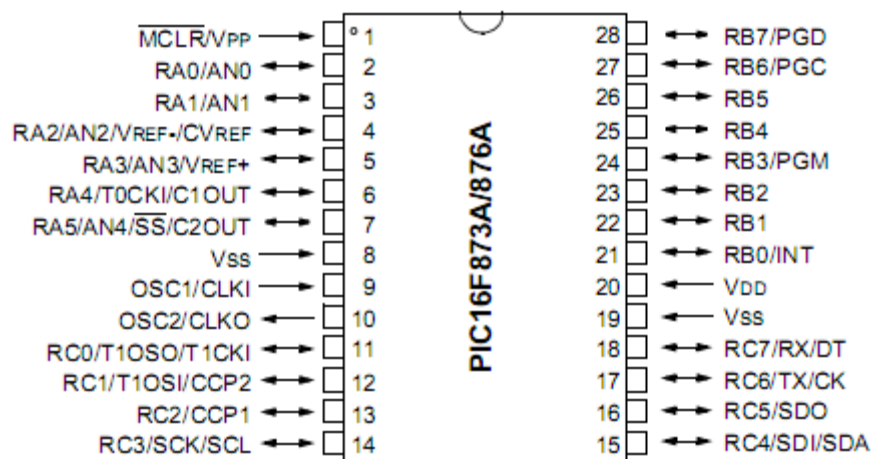
$$n \geq 4$$

Aquests c3lculs ens indiquen que necessitarem un PIC que disposi de dos ADC amb un m3nim de 4 bits per tal d'obtenir un fons d'escala acceptable. Una altra cosa que necessitarem es una entrada digital, en la qual hi connectarem la sortida del comptador del circuit de mesura. Per 3ltim, ens pot ser de for3a utilitat que el microcontrolador incorpori un temporitzador per tal de comptabilitzar el temps d'3s del sistema de mesura.

En quant a les sortides, haurem de disposar-ne de tres, una per cada LED d'estat que volem connectar. Segons l'avaluaci3 realitzada pel microcontrolador a partir dels resultats que aportin els sensors, encendran un LED o un altre.

Per realitzar totes aquestes tasques utilitzarem el microcontrolador PIC model PIC16F873A⁸. La seva arquitectura es la seg3ent:

28-Pin PDIP, SOIC, SSOP



28-Pin QFN

Figura 19: Arquitectura del PIC16F873A.

Podem destacar alguns aspectes⁹ que ens seran de molta ajuda per tal de duu a bon port el projecte:

- Possibilitat de fins a cinc entrades anal3giques amb convertidors anal3gic-digital de 10 bits.
- Incorpora tres timers (dos de 8 bits i un de 16 bits).

⁸ <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>

⁹ Totes les especificacions del PIC es poden trobar al seg3ent enlla3: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>

- Disposa de registres digitals mes que suficients per tal de disposar de una entrada pel comptador i tres sortides pels LED d'estat.

5.6 Disseny circuit de mesura

La nostra instal·laci3 genera un m3xim de 5kWp, el que signifiquen 5000 W de potencia, si comptabilitzem una hora generariem 5000 Wh. Per altra banda, segons les especificacions es generen 2000 pols cada 1000 Wh. Individualment per pols es:

$$\frac{1000 \text{ Wh}}{2000 \text{ polsos}} = 0,5 \text{ Wh per pols}$$

Com que la nostra estaci3 es de 5 kWh, calcularem el nombre m3xim de polsos que podem rebre, i aix3 tenir una idea d'un funcionament al m3xim de les possibilitats de l'estaci3:

$$\frac{5000 \text{ Wh}}{0,5 \text{ Wh pols}} = 10000 \text{ polsos h} \approx 2,78 \text{ polsos per segon}$$

El comptador es de tipus SO, el que significa que la seva sortida t3 dues polaritats, quan realitza un pols varia la seva polaritat, podem veure a la figura 20 aquest fenomen en un model molt similar¹⁰ al que estem emprant per la nostre sistema.

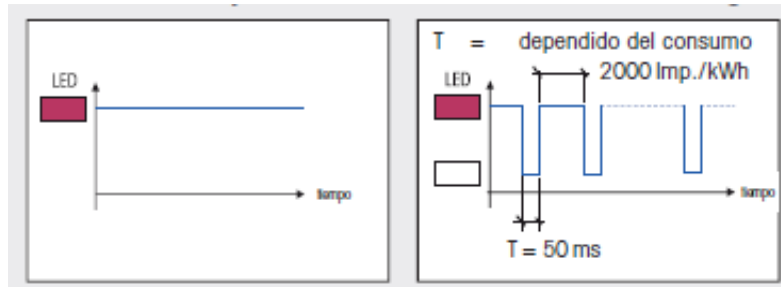


Figura 20: funcionament pols de comptador monof3sic.

El que farem es connectar aquest comptador amb una resist3ncia "Pull up" que estigui constantment a un nivell de refer3ncia de +5V. En cas que arribi el pols i per tant, canvi3 la polaritat, donar3 un nivell de refer3ncia 0 al microcontrolador. El circuit dissenyat per tal d'aconseguir aquests resultats ho presentem en la figura següent:

¹⁰ En concret es el model Eltako WSZ12B-32A

(http://www.eltako.com/fileadmin/downloads/es/folletos/Contadores_de_energia_monofasicos_y.pdf).

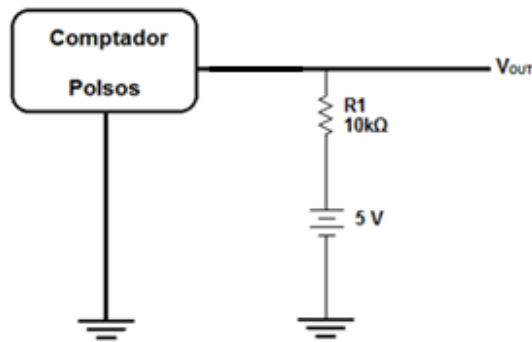


Figura 21: disseny circuit de mesura del comptador.

En quant al microcontrolador PIC, el farem treballar a una freqüència de 4Mhz, aix3 significarà que la seva freqüència de treball serà de $\frac{4\text{ Mhz}}{4} = 1\text{ Mhz}$, o el que es el mateix, trigarà 1 microsegon en realitzar una instrucció.

El següent pas a partir d'aquest moment es dissenyar el circuit que utilitzarem per poder avaluar la instal·lació fotovoltaica segons els resultats obtinguts pels sensors.

5.6.1 Disseny anal3gic

La disposici3 del circuit anal3gic pertanyent al microcontrolador serà el següent:

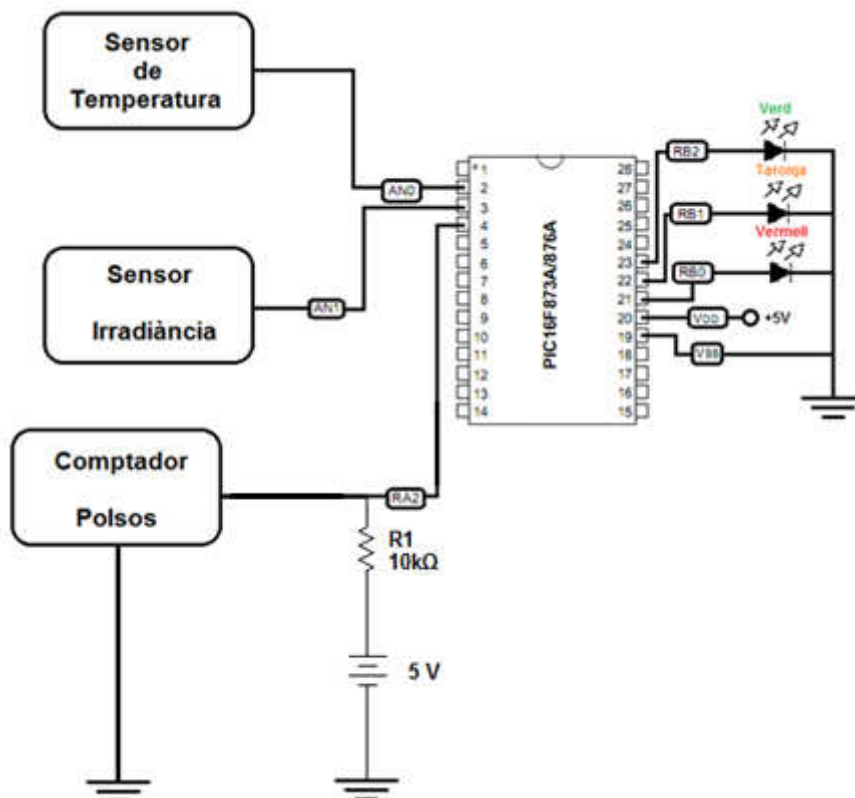


Figura 22: disseny anal3gic del sistema de mesura.

Com es pot observar en la figura 20, hi connectarem les entrades anal3giques del sensor de temperatura (apartat 5.4.1) i del sensor d'irradi3ncia (apartat 5.4.2) al microcontrolador PIC.

El full d'especificacions redacta una taula on podem triar la configuraci3 m3s adient per a l'3s que vulguem al microcontrolador.

bit 3-0 **PCFG3:PCFG0**: A/D Port Configuration Control bits

PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C/R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	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	AN3	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	AN3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1/2

A = Analog input D = Digital I/O

C/R = # of analog input channels/# of A/D voltage references

Figura 23: Taula de configuraci3 Anal3gic-digital

Nosaltres hem triat les entrades anal3giques m3s ajustades a les nostres necessitats (PCFG 0100), en aquest cas disposem de tres entrades anal3giques (AN0, AN1 i AN3), encara que la tercera entrada no la utilitzarem.

5.6.2 Disseny digital

Repassant la figura 20, veiem que he de configurar el microcontrolador perquè tingui una entrada i tres sortides digitals. Per al nostre circuit Triem una com a entrada una de les disponibles en el registre A, hem triat la entrada RA2, que ser3 la receptora dels polsos del comptador.

Per la sortida tenim qualsevol del port B, nosaltres hem triat concretament les sortides RB0, RB1 i RB2 per als leds vermell (alarma), taronja (av3s) i verd (correcte) respectivament.

5.6.3 Disseny algoritme

En aquest apartat tractarem com pren les decisions el microcontrolador segons els inputs que rebi. Intentarem, abans de mostrar el codi a aplicar, fer una aproximació a més alt nivell del que pretenem amb un senzill diagrama de flux que presentem a continuació:

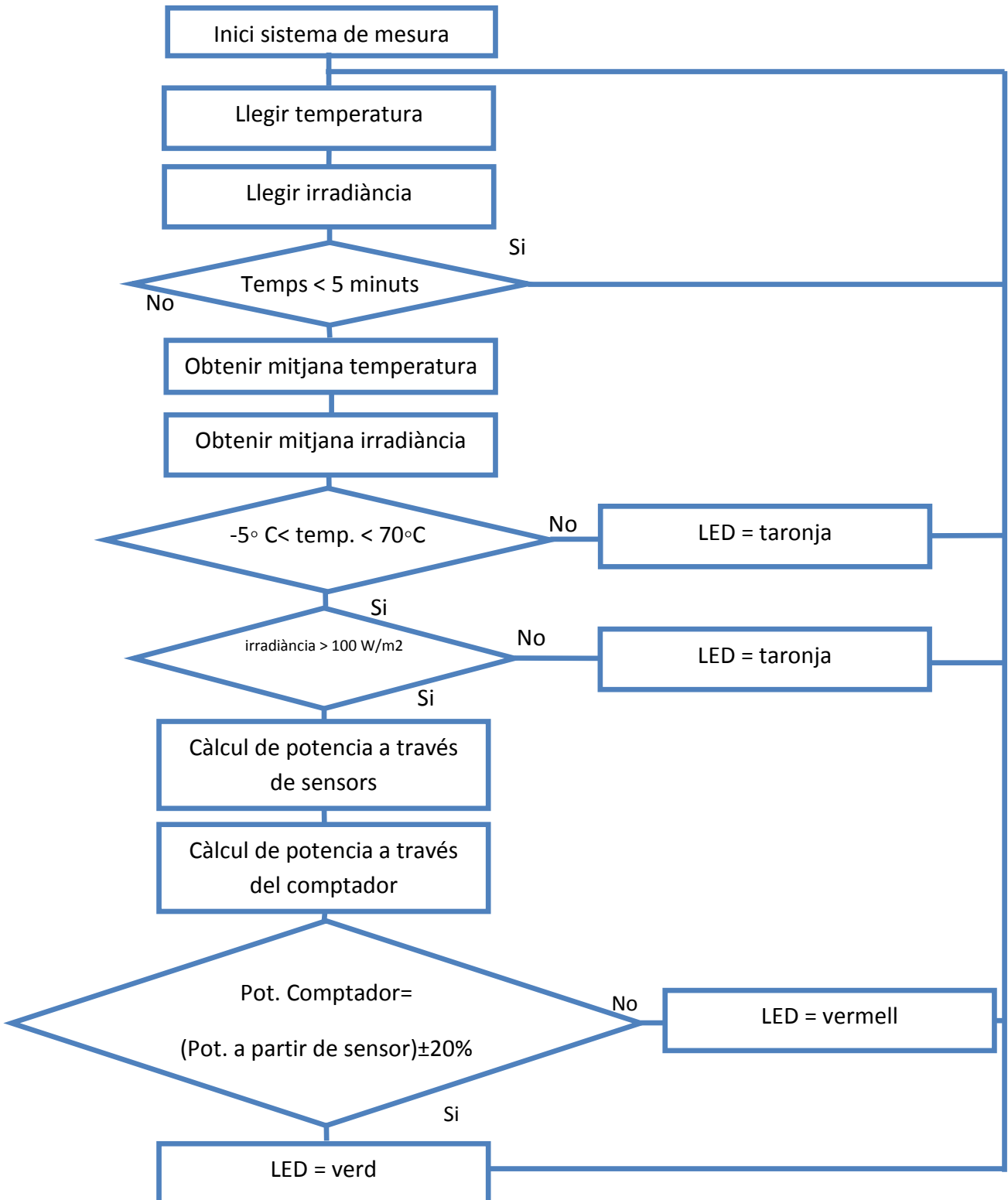


Figura 24: Diagrama de flux general de l'algoritme del microcontrolador

El diagrama de flux anterior estructura l'algoritme de forma molt plana, 3til per orientar l'algoritme final. Per a desenvolupar l'algoritme hem utilitzat el llenguatge de programaci3 C. El programa esta compost per dos arxius, la capçalera i el codi. En el fitxer de capçalera de l'algoritme definirem les variables, m3todes i configuracions del microcontrolador PIC16F873A. L'arxiu de codi, per la seva banda, realitza i aplica totes les operacions i m3todes que incorpora l'algoritme.

La capçalera del nostre algoritme incorpora el seg3ent codi:

```
#include <16F873A.h>           //Incloem la capçalera del microcontrolador que estem utilitzant

#define adc=10                 //Utilitzem l'adc de 10 bits

#define FUSES_WDT              //Watch Dog Timer
#define FUSES_HS               //High speed Osc (> 4mhz)
#define FUSES_PUT              //Power Up Timer
#define FUSES_BROWNOUT        //Brownout reset
#define FUSES_NOLVP           //No low voltage prgming, B3(PIC16) or B5(PIC18) used for I/O

#define delay(clock=4000000)   //Freq3encia del microcontrolador a 4 Mhz

/*Declaraci3 de constants de temperatura m3xima i m3nima*/
#define MAXTEMP 1023           //valor dels 70 graus C, 5V, 2^10 bits.
#define MINTEMP 0              //valor dels 0 graus C, 5V, 2^10 bits.
#define LLINDARIRR 100        //valor llindar d'irradi3ncia.
#define TMAX 300000           //300000 ms (5 minuts)per avaluar

/* Declaraci3 de variables*/
int16 temperatura;
int16 irradi3ncia;
unsigned int32 sumTemp;
unsigned int32 sumIrr;
unsigned int32 potencia;
unsigned int16 numElements;
unsigned int32 ticks,tickStart,ticksRef,tempsPolsos;
int1 primerPols, primeraPot;
unsigned int16 comptaPols;

/* Declaraci3 de m3todes*/
int16 getTemp(void);
int16 getIrr(void);
int16 getPot(void);
void EXT_isr(void);
void TIMER1_isr(void);
```

Figura 25: Capçalera de l'algoritme del microcontrolador.

Per la seva banda, el codi de l'algoritme ser3 el codi que tenim a continuaci3:

```

#include <prova.h>

#define PORTB=0x06 //Definici6 del registre de mem6ria el qual pertany el PORTB
//PORTB 0= Vermell; 1= groc; 2= Verd

void main()
{
    ticks = 0; //Variable que comptara ms desde l'inicialitzaci6.
    ticksRef = 0; //Variable auxiliar de referencia de temps anterior.

    primerPols =1; //Activem flag per detectar el primer pols.
    primeraPot =1;
    comptaPols =0;

    /*Configuraci6 del microcontrolador (entrades analogiques, timers...)*
    setup_adc_ports(ANO_AN1_AN3);
    setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
    setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
    ext_int_edge(H_TO_L); //Configurem les interrupcions per a flancs de baixada.
    set_tris_a (0b00000001); //Configurem port A d'entrada i B de sortida.
    set_tris_b (0b00000000);
    setup_timer_1(T1_INTERNAL);
    set_timer1(64535); //Iniciem timer a falta 1ms per generar una interrupci6.
    enable_interrupts(GLOBAL);
    enable_interrupts(INT_TIMER1);
    enable_interrupts(INT_EXT);

    PORTB=0b00000000; //Tots els LED de sortida apagats.

    /*Bucle de control de l'instal·laci6*/
    while(1)
    {
        tickStart=0;
        numElements=0;
        sumTemp=0;
        sumIrr=0;

        /*bucle d'adquisici6 de informaci6 de sensors amb mitjanes aritm6tiques*/
        do
        {
            if (tickStart == 0)
            {
                tickStart = ticks;
            }
            sumTemp = sumTemp + getTemp();
            sumIrr = sumIrr + getIrr();
            numElements++;
        }while(ticks < (tickStart + TMAX)); //Avaluem en un interval de 5 minuts;

        temperatura = sumTemp/numElements; //Adquirim com a valor de irradianci6 i temperatura
        irradiancia = sumIrr/numElements; //la mitjana aritmetica dels valors obtinguts

        /*Control dels valors de temperatura i irradianci6 rebuts pels sensors*/
        if ((temperatura >= MAXTEMP) || (temperatura <= MINTEMP))
        {
            PORTB=0b00000010; //En cas que la temperatura estigui en els extrems
        } //encendrem el LED taronja d'avis.
        else
        {
            if (irradiancia > LLINDARIRR) //Si la irradiancia es superior a 100 avaluem si la potencia
            { //calculada esta en un marge de 20% amb el comptador.
                potencia=getPot();

                if (potencia >= (0.8*((irradiancia/1000)*5000)
                    && (potencia <= (1.2*((irradiancia/1000)*5000))))
                {
                    PORTB=0b00000100; //Si est6 dins el marge encenem el LED verd.
                }
                else
                {
                    PORTB=0b00000001; //Si no est6 dins el marge encenem el LED vermell.
                }
            }
            else
            {
                PORTB=0b00000010; //Si la irradiancia es inferior a 100 encenem el LED taronja.
            }
        }
    }
}

```

```

/*M3tode d'obtencio de temperatura*/
int16 getTemp(void)
{
    int16 digTemp=0;

    set_adc_channel(0); //Llegim valor d'entrada anal3gica AN0.
    delay_us(20);
    digTemp=read_adc();
    delay_us(30);

    return digTemp;
}

/*M3tode d'obtencio de irradiancia*/
int16 getIrr(void)
{
    int16 digIrr=0;
    int16 irrOut = 0;

    set_adc_channel(1); //Llegim entrada analogica AN1.
    delay_us(20);
    digIrr=read_adc();
    delay_us(30);

    irrOut = (((digIrr*5/1024)*1500)/5); //Calcularem la irradi3ncia obtinguda.

    return irrOut;
}

/*M3tode d'obtenci3 de pot3ncia*/
unsigned int16 getPot(void)
{
    unsigned int16 pot;

    pot =0;

    if (ticks < (ticksRef + TMAX)) //Si f3 fa cinc minuts que no rebem un pols estimarem que
    { // la pot3ncia es 0, en cas contrari avaluem.
        if (!primeraPot)
        {
            pot = ((1000/tempsPolsos)*3600*0,5); //Freq3ncia en hores * Wh.
        }
    }
    else
    {
        primerPols=1; //En el cas que hagin passat els 5 minuts tornarem a deixar
        primeraPot=1; //els registres de control com a l'iniciar l'algoritme,
        comptaPols=0; //b3sicament peque necessitarem 2 polsos per avaluar.
    }

    return pot;
}

/*Interrupci3 per flanc de pols rebut*/
#ifndef EXT
#define EXT
#endif
void EXT_isr(void)
{
    comptaPols++;

    if (!primerPols) //Si es tracta del primer pols rebut el posarem
    { //com a primera refer3ncia, en cas contrari calculem
        tempsPolsos = ticks-ticksRef; //la difer3ncia
        ticksRef=ticks;
    }
    else
    {
        ticksRef= ticks;
        primerPols=0;
    }

    if(comptaPols >=2) //A partir que hagi rebut 2 polsos, activarem el flag
    { //que calcular3 la pot3ncia.
        primeraPot =0;
        comptaPols=1;
    }
}

```

Figura 26: Arxiu de codi de l'algoritme per al microcontrolador PIC16F873A.

En la seg3ent figura podem veure l'entorn de simulaci3 del PIC16F873A, on hem creat les entrades anal3giques amb potenci3metres i l'entrada de polsos amb un generador.

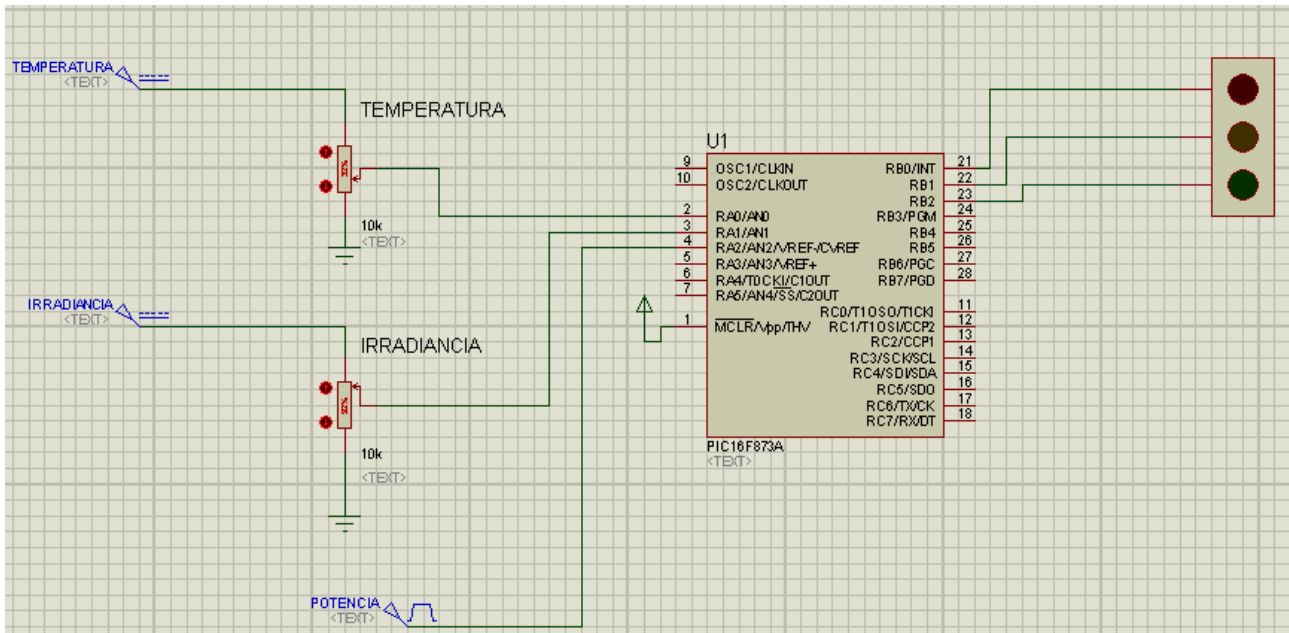


Figura 27: Diagrama de simulaci3 del PIC amb Proteus.

Com podem observar, hem creat les entrades anal3giques, el sensor de temperatura i el sensor d'irradi3ncia, amb fonts alimentaci3 contines potenciometers els quals aniran modificant el valor d'entrada al microcontrolador PIC. El comptador de polsos ho hem representat com una font de polsos quadrats que va enviant polsos regulars, d'aquesta manera podrem interpretar les sortides m3s f3cilment. La sortida la hem representat amb un sem3for el qual anirà encenent els d3odes led segons els valors dels inputs que vagi adquirint.

Si la temperatura sobrepassa el llindar, voldrà dir que l'entrada rep m3s de 5V i el LED d'avís notificarà aquest fet.

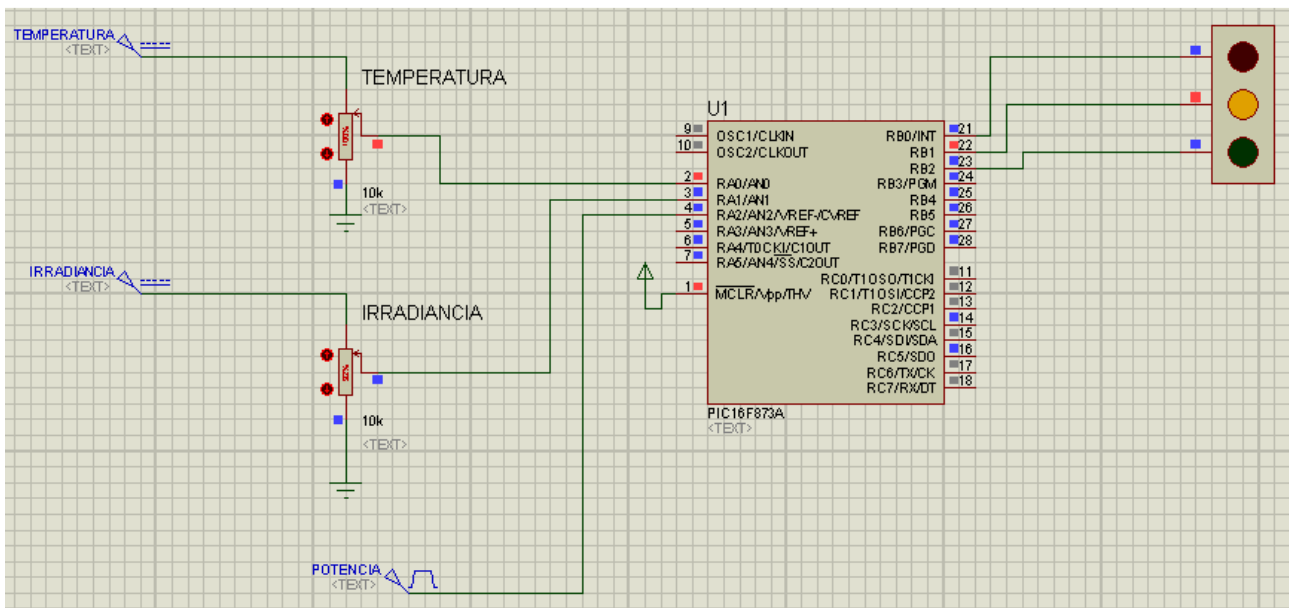


Figura 28: LED avís activat per temperatura en simulaci3 de PIC.

Tamb3 s'encendr3 el LED d'av3s en cas que el valor d'irradi3ncia sigui inferior a 100 W/m^2 , tal i com podem veure en la següent figura baixarem el valor de tensi3 d'entrada del sensor d'irradi3ncia:

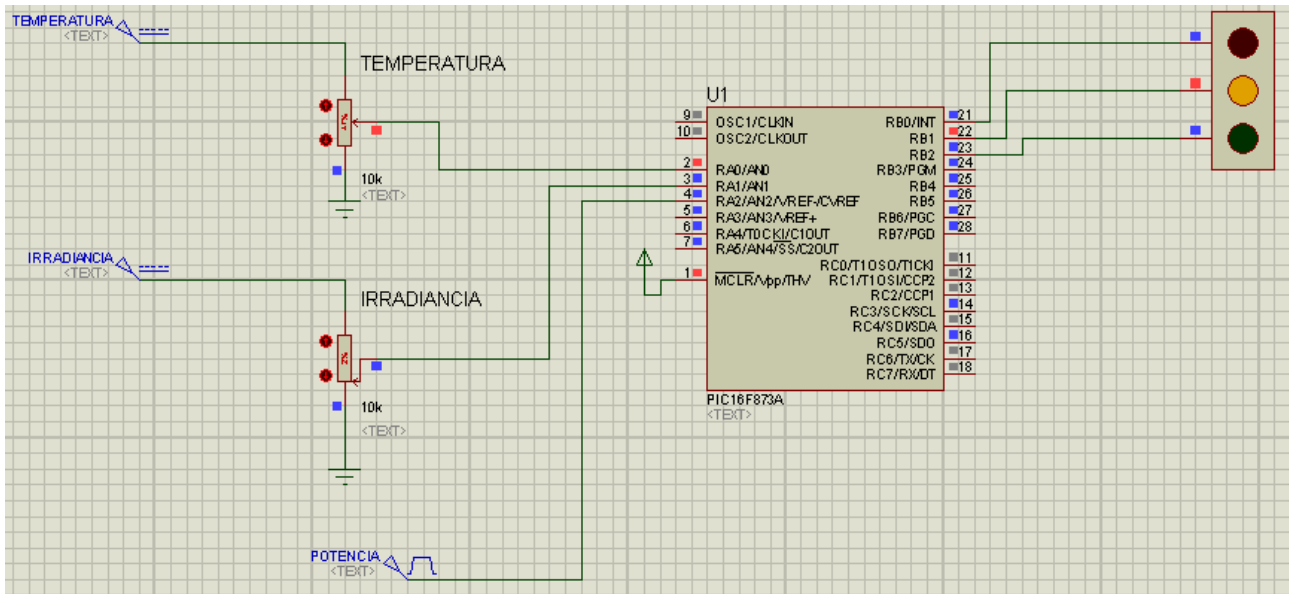


Figura 29: LED av3s activat per irradi3ncia en simulaci3 de PIC.

Quan la pot3ncia capturada pel comptador difereixi en un $\pm 20\%$ de la f3rmula de pot3ncia generada a partir dels sensors, nosaltres hem introdu3t un valor for3a alt de tensi3 del sensor d'irradi3ncia, i per tant, s'activar3 el LED d'error vermell:

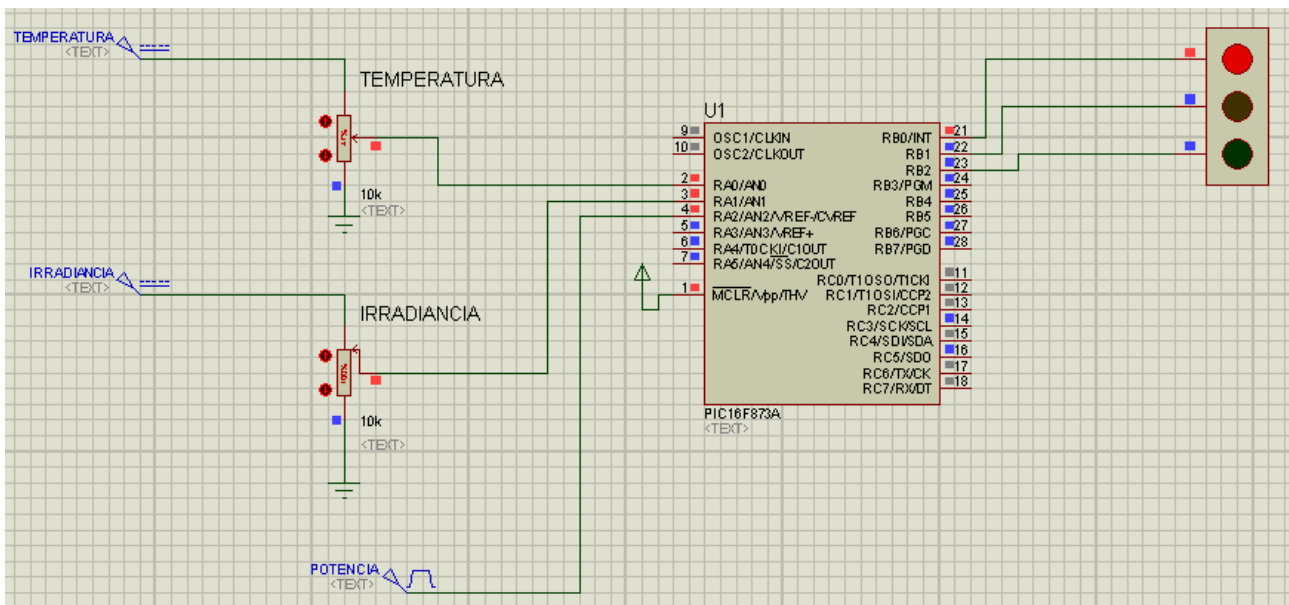


Figura 30: LED error activat per comparaci3 de pot3ncia en simulaci3 de PIC.

Per finalitzar, si el valor de pot3ncia captat pel comptador es similar a un $\pm 20\%$ de la f3rmula de pot3ncia generada a partir dels sensors, llavors s'encendr3 el LED verd conforme la generaci3 d'energia es l'esperada:

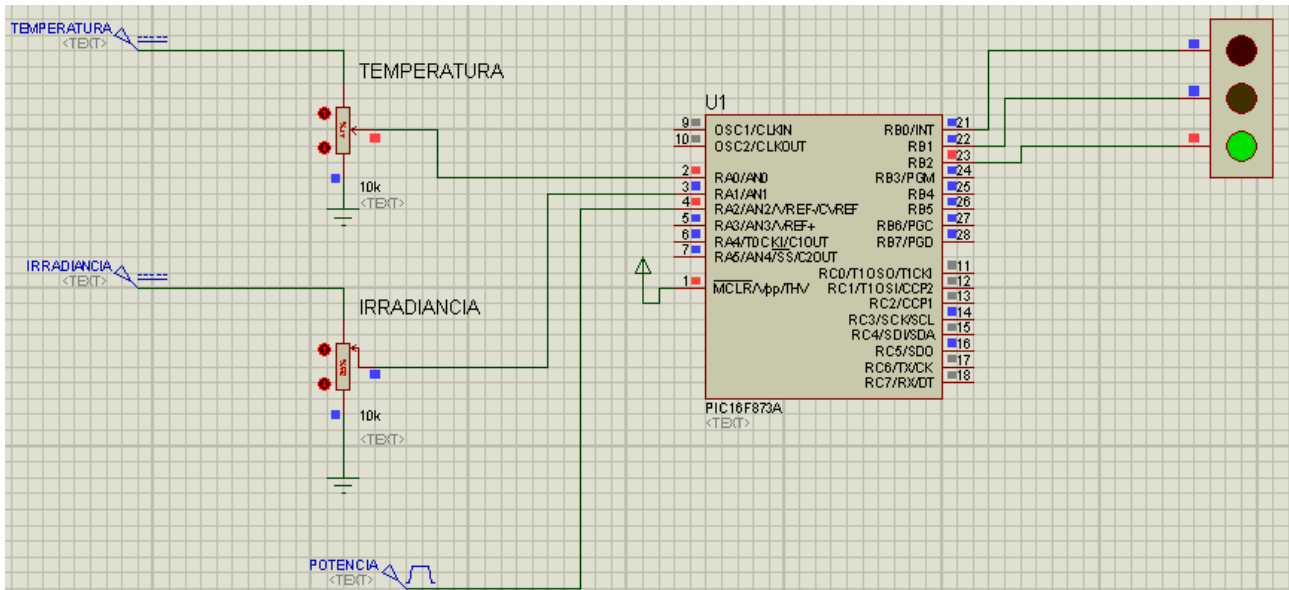


Figura 31: LED verd activat per funcionament correcte de la instal·laci3 en la simulaci3 de PIC.

Ara ja disposem de l'algoritme que controlar3 la instal·laci3. El següent pas es com presentar-ho per tal de passar d'un model te3ric a un model f3sic.

5.7 Disseny circuit global

Ja disposem dels diferents circuits que formen part del nostre sistema de supervisi3. A continuaci3 agruparem tots aquest circuits independents per tal d'aconseguir el disseny del sistema de supervisi3 pr3piament complet. A partir del disseny complet te3ric, podem dissenyar la futura PCB del projecte, la qual es podria implementar perfectament per a emprar-la en un entorn i condicions reals.

5.7.1 Agrupament dels circuits

El nostres circuits han d'estar alimentats per tensions +5V i -5V, aquestes tensions son imprescindibles per tal que els que els amplificadors operacionals i el microcontrolador funcioni com es esperat. Per tant, rebrem una entrada est3ndard de +5V i adequarem aquesta tensi3 per tal que ens doni tamb3 el valor de -5V. La opci3 que triarem nosaltres es utilitzar un inversor de polaritat, en concret el model Microchip TC7660¹¹. El seu diagrama per l'ús que li volem donar es senzill i respon a la figura següent:

¹¹ Datasheet del producte: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/microchip/21465b.pdf>

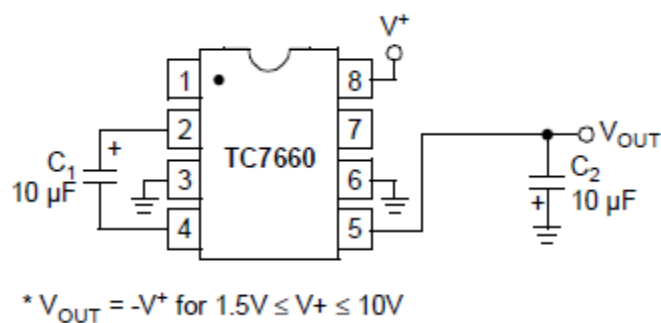


Figura 32: Disseny inversor polaritat Microchip TC7660

L'alimentaci3 per al circuit a partir d'una alimentaci3 continua de +5V quedar3 definida de la següent manera:

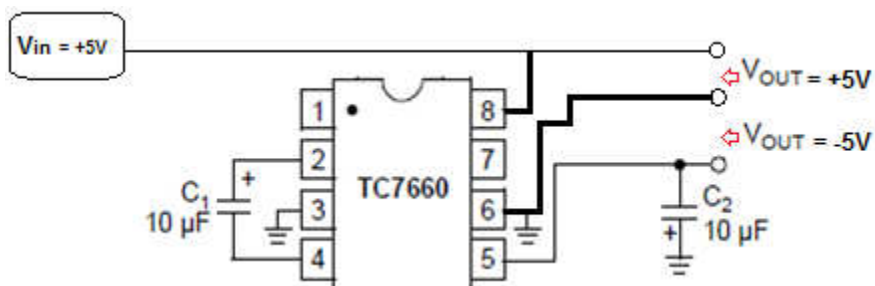


Figura 33: Alimentaci3 del circuit global amb +5V i -5V.

Un cop tenim clar com alimentarem el circuit global, el primer que farem ser3 recuperar els circuits corresponents al sensor de temperatura, sensor d'irradi3ncia i sistema de mesura (apartats 5.4.1, 5.4.2 i 5.6 respectivament) i els presentarem com un circuit global per tal d'obtenir el disseny te3ric del futur circuit de supervisi3 d'energia fotovoltaica.

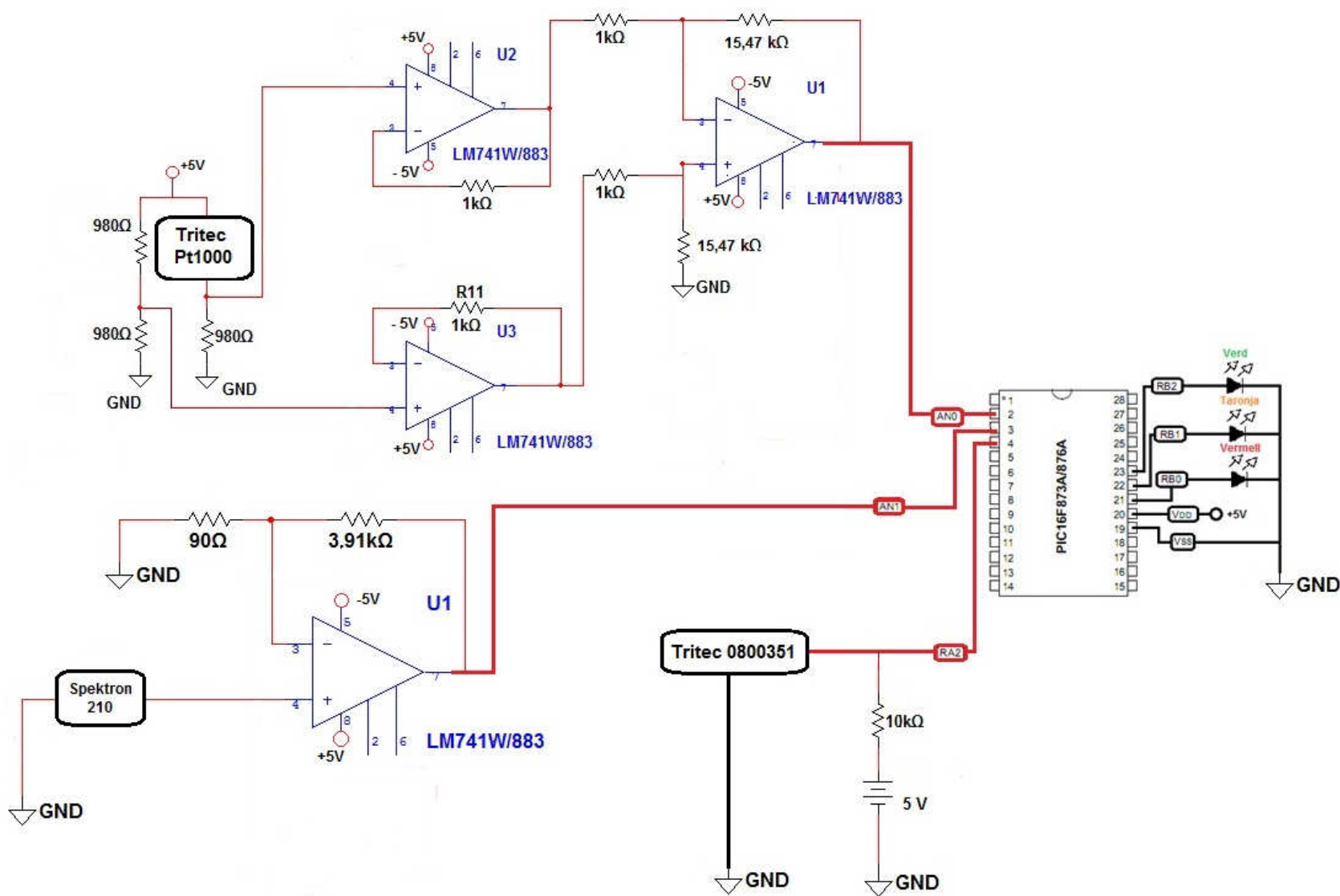


Figura 34: Disseny circuit global.

5.7.2 PCB

Un cop disposem el circuit del disseny global del sistema de supervisi3 (Figura 34) hem de dissenyar la PCB, on es vegi reflectit el circuit global, poder fabricar el nostre circuit i implementar-ho en un entorn real, per tal que en cas que tingui un funcionament 3ptim i es desitgi, comercialitzar-ho com a producte.

Hem dissenyat la PCB amb el seg3ent patr3: en blau hi son representats els components, en verd es la capa superior de la PCB i en vermell hi ha la capa inferior.

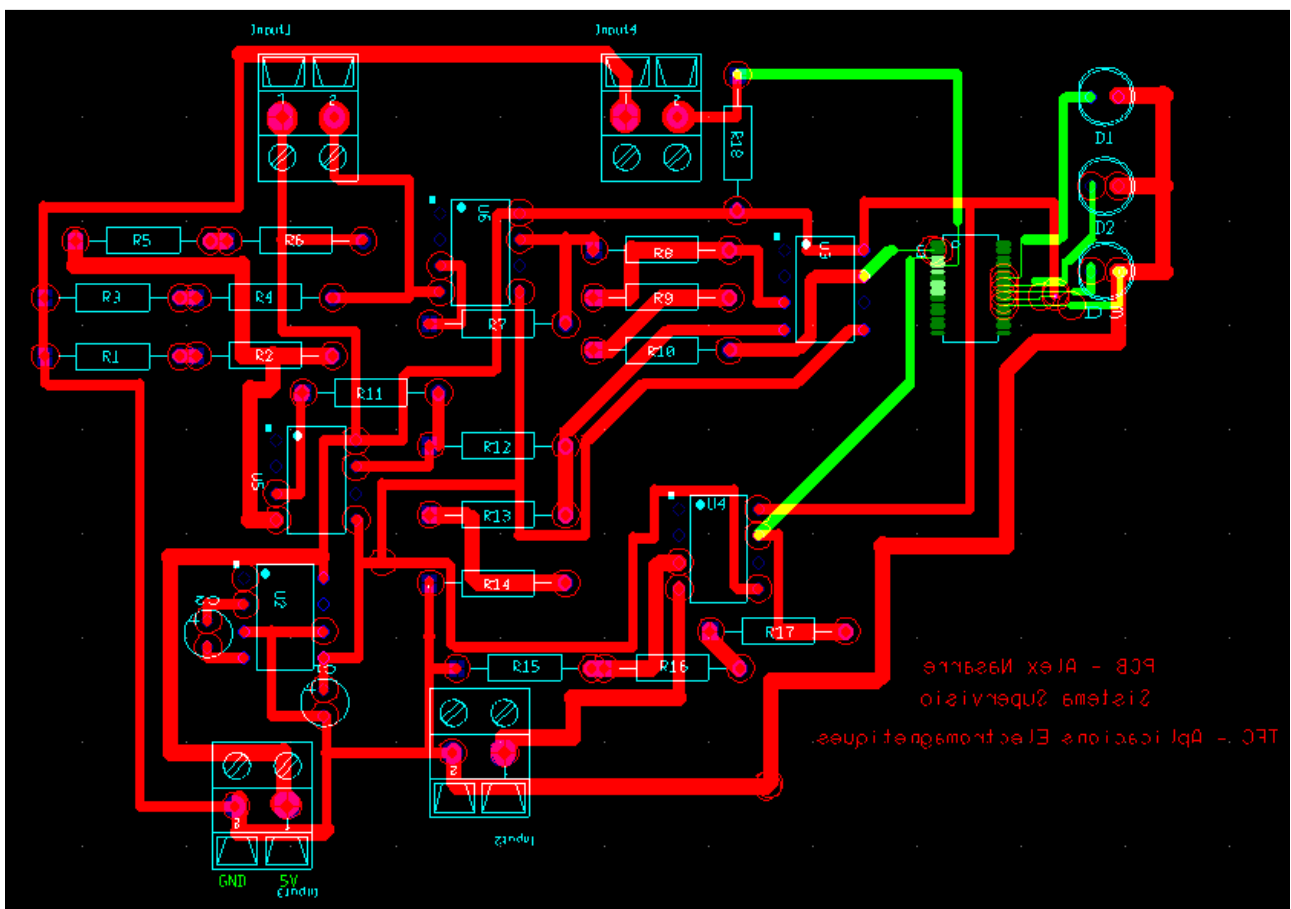


Figura 35: Disseny PCB del sistema.

El mateix programa de disseny de PCB permet obtenir una aproximaci3 al model real en que hauria de quedar la PCB creada, oferint una representaci3 tridimensional de la PCB amb els components muntats. Nosaltres farem una captura per tal de tenir una visi3 m3s "real" d'ambdues cares de la nostra PCB creada.

Cal destacar que hem cregut oport3 el introduir en la placa base uns connectors que serviran per unir els sensors i la alimentaci3 del circuit, aix3 d'aquesta manera aconseguim que la PCB sigui m3s flexible tant en la connectivitats amb els elements externs que componen el circuit, com de la distribuci3 que es vulgui donar als diferents elements que integren el sistema.

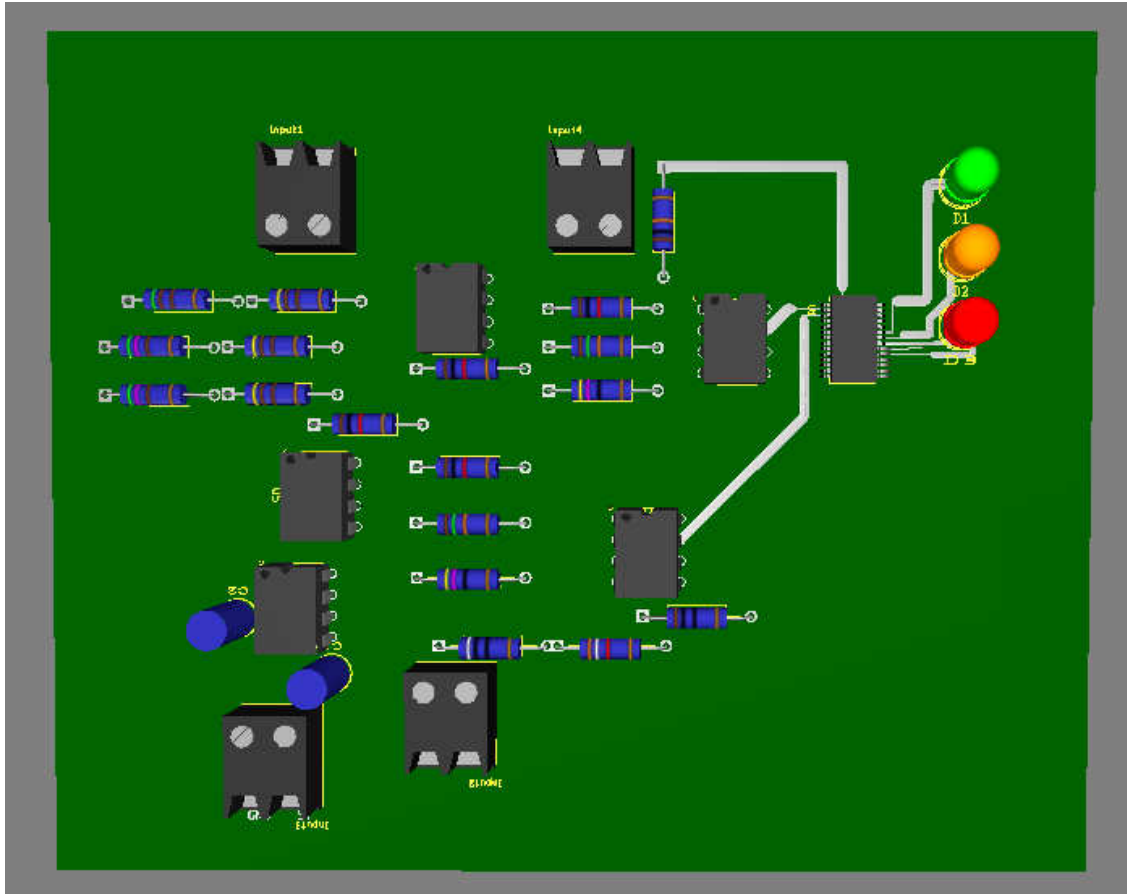


Figura 36: Aspecte 3D de la PCB del sistema global (superior).

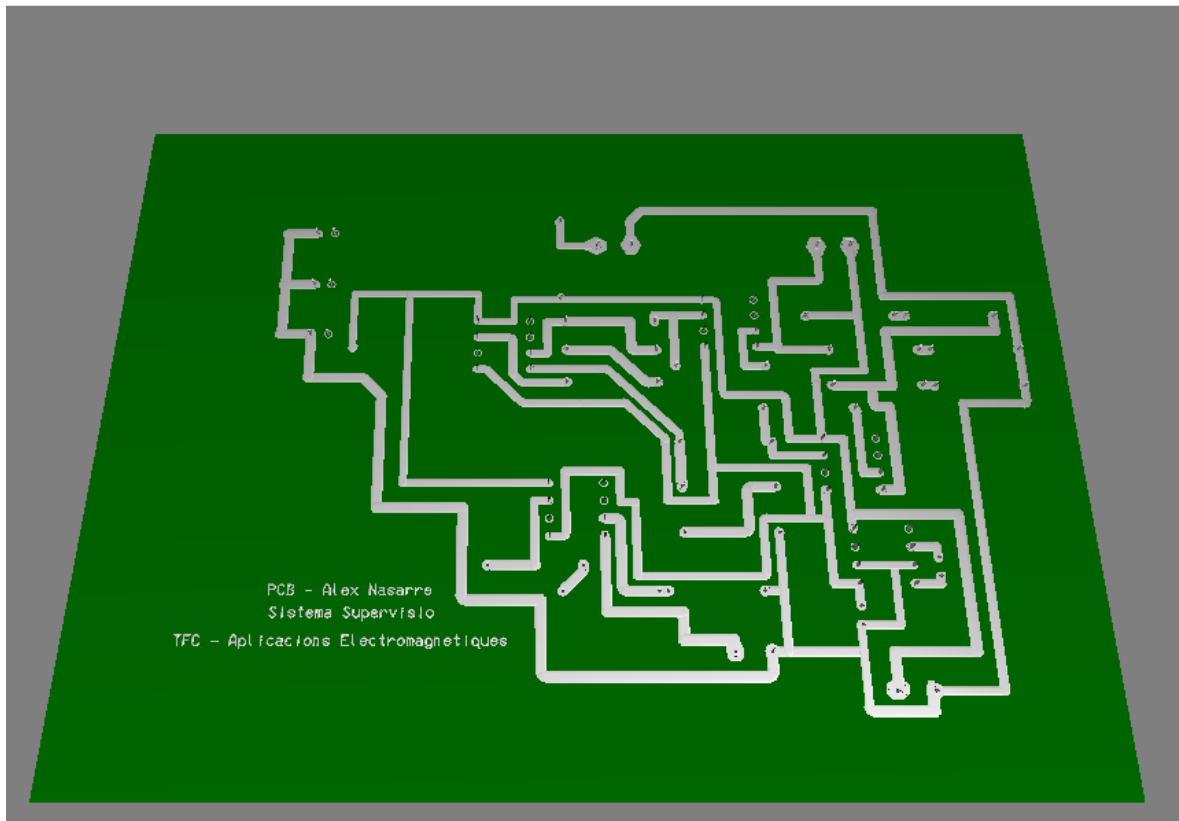
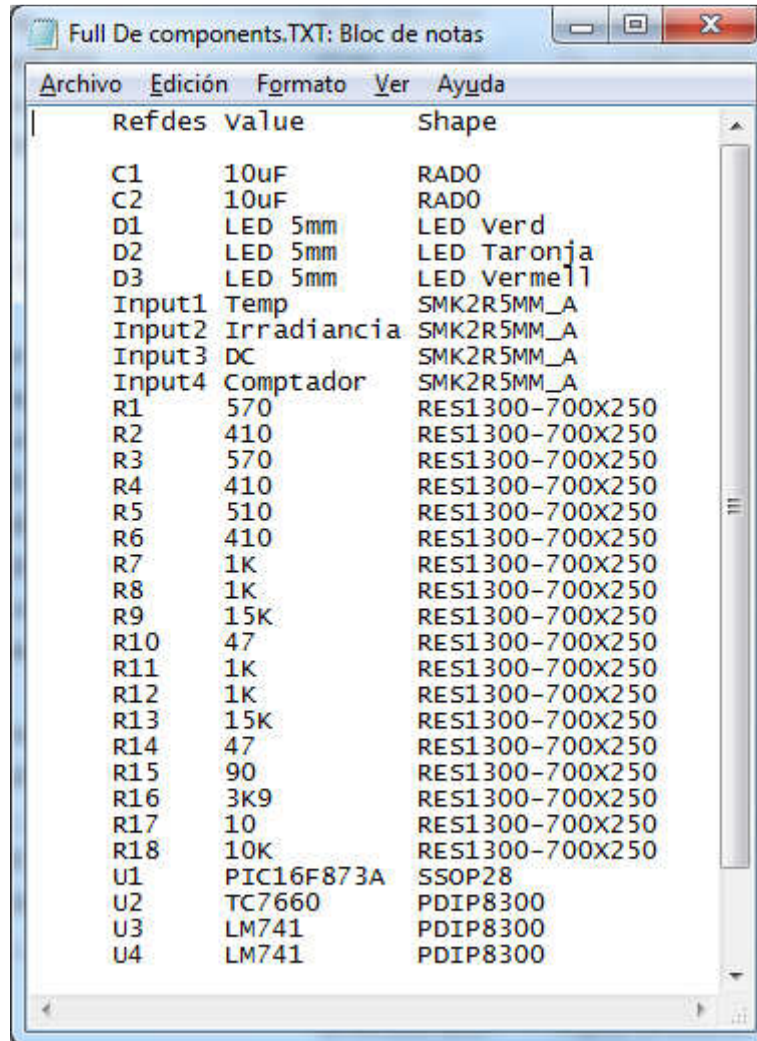


Figura 37: Aspecte 3D de la PCB del sistema global (inferior).

La llista dels components la generem amb el mateix programa. Tamb3 per el cas de les resist3ncies que no tenien un valor comercial (980 Ohms per exemple), hem modificat l'esquema de la PCB per obtenir els valors desitjats.

La llista de components emprats per la PCB la generarem amb el mateix programa de creaci3 de la PCB, els components necessaris per a la nostra PCB son els seg3ents:



Refdes	Value	Shape
C1	10uF	RAD0
C2	10uF	RAD0
D1	LED 5mm	LED Verd
D2	LED 5mm	LED Taronja
D3	LED 5mm	LED Vermell
Input1	Temp	SMK2R5MM_A
Input2	Irradiancia	SMK2R5MM_A
Input3	DC	SMK2R5MM_A
Input4	Comptador	SMK2R5MM_A
R1	570	RES1300-700X250
R2	410	RES1300-700X250
R3	570	RES1300-700X250
R4	410	RES1300-700X250
R5	510	RES1300-700X250
R6	410	RES1300-700X250
R7	1K	RES1300-700X250
R8	1K	RES1300-700X250
R9	15K	RES1300-700X250
R10	47	RES1300-700X250
R11	1K	RES1300-700X250
R12	1K	RES1300-700X250
R13	15K	RES1300-700X250
R14	47	RES1300-700X250
R15	90	RES1300-700X250
R16	3K9	RES1300-700X250
R17	10	RES1300-700X250
R18	10K	RES1300-700X250
U1	PIC16F873A	SSOP28
U2	TC7660	PDIP8300
U3	LM741	PDIP8300
U4	LM741	PDIP8300

Figura 38: llistat de components per a la PCB.

6. Conclusions

En aquesta mem3ria s'ha descrit com s'ha modelat un sistema de supervisi3 d'instal·lacions fotovoltaiques. Aquest sistema incorpora sensors de temperatura, irradi3ncia i control de pot3ncia generada.

Existeixen diverses formes d'avaluar la generaci3 de pot3ncia d'una instal·laci3 fotovoltaica, nosaltres hem optat per aquella que creiem m3s interessant, observant el temps que passa entre dos polsos del comptador de potencia i comparar aquest resultat amb una f3rmula amb uns marges d'error acceptables.

No nom3s s'ha dissenyat un esquema te3ric del sistema de supervisi3, sin3 que hem realitzat una s3rie de simulacions, tant del circuit anal3gic com del microcontrolador, per tal d'intentar tenir un model contrastat i que, a priori, doni els resultats esperats i especificats en l'abast del projecte. Un cop realitzades les simulacions, cal destacar tamb3 la realitzaci3 del disseny d'una PCB amb el circuit del sistema de supervisi3, amb aix3 doncs, aconseguim aportar un sistema de supervisi3 d'instal·lacions complet i preparat per 3sser fabricat, i aix3 poder posar-ho en pr3ctica en un entorn i condicions reals.

Tot aquest proc3s d'estudi del problema, disseny, simulaci3 i posada en pr3ctica queda plasmat en aquest document, la mem3ria del projecte, on es pot revisar totes les fases i elements que componen aquest sistema de supervisi3 implementat.

Sabem perfectament que les energies renovables son una opci3 de futur i cada vegada m3s presents amb m3s for3a en les nostres vides ates la conscienciaci3 generalitzada sobre les repercussions nocives del canvi clim3tic. Podem pensar llavors, en que aquesta aposta per les energies renovables, entre elles l'energia fotovoltaica, ens caldr3 implementar aquests sistemes de supervisi3 cada vegada m3s, per tal d'assegurar un rendiment 3ptic de la instal·laci3, tant en l'aspecte tecnol3gic com el econ3mic.

7. Línies de futur

Aquest document presenta una placa de circuit imprès preparada per a ser fabricada amb els sensors descrits. Cal dir que la placa presentada en aquest document no ha sigut fabricada, i per tant, representa un model teòric simulat.

Caldria, doncs, poder crear un prototip basat en el model presentat en aquest document i comprovar com funciona en un entorn real, comprovant el seu funcionament, i que aquest sigui tal qual es presenta en les simulacions. En cas contrari caldrà fer mesures correctores per tal d'aconseguir el resultat esperat, tornar a fer el prototip i realitzar un altre bucle de comprovacions fins trobar el model que s'ajusti perfectament a les necessitats. Un cop comprovat, ja es podria fabricar amb quantitats grans per una possible comercialització del producte.

El següent pas seria oferir un producte "final" atractiu, o sigui, un dispositiu amb una coberta que protegís la PCB de les inclemències climatològiques (pluja, altes temperatures, humitat, etc.), encastable a la paret, etc. Amb un producte així es molt més probable captar clients per tal de obtenir uns beneficis del producte que pal·liessin la inversió feta per les PCB. Aquest producte s'hauria de realitzar amb estàndards de qualitat garantits, ajustant-se als models ISO per exemple, donant-nos un producte de qualitat altament contrastat.

Per finalitzar, no podríem considerar aquest producte com a un producte perpetu en el temps sinó que hauria de ser el primer esglaió d'un producte el qual pot ser molt més potent. Caldria, doncs, investigar les necessitats que sorgeixen amb aquestes instal·lacions per tal d'afegir noves possibilitats, en forma de mòduls d'ampliació que es connectin opcionalment a aquesta PCB, com per exemple, detectors d'aigua per a casos de pluja, motors per enfocar els panells segons els punts d'ubicació del valor d'irradiància màxima, sensors de moviment per a tasques de seguretat, notificació d'alertes via mòbil, etc.

8. Bibliografia

Les refer3ncies emprades per la realitzaci3 d'aquesta mem3ria son les següents:

- "Treball de final de carrera" (XP08/19018/00443). Perez i Navarro, Antoni / Bataller D3az, Alfons / Beneito Montagut, Roser / S3enz Higuera, Nita / Vidal Oltra, Rut. (Material UOC).
- "Aplicacions electromagn3tiques i electr3niques i introducci3 al c3lcul d'errors" (PID_001602024). P3rez i Navarro, Antoni / Rosell3 Canal, Mar. (Material UOC).
- "Gesti3 de projectes"(PID_00153520). Ram3n Rodr3guez, Jos3 / Marin3 Jov3, Pere. (Material UOC).
- "Fonaments tecnol3gics II" (XP05/19002/01139). P3rez i Navarro, Antoni / Mart3nez Carrascal, Juan Antonio / Muñoz Medina, Olga. (Material UOC).
- "Sistemes electr3nics digitals", (XP06/19010/00137). P3rez i Navarro, Antoni / Bara Iniesta, Marc / Mart3nez Carrascal, Juan Antonio / Rosell3 Canal, Mar. (Material UOC).
- "Fonaments f3sics de l'enginyeria" (XP06/19009/00943). P3rez i Navarro, Antoni / Navau i Ros, Carles / de Paco S3nchez, Pedro. (Material UOC).

En format de p3gines Web:

<http://www.todopic.com.ar/>

<http://www.amplifier.cd/>

<http://mixedsignal.wordpress.com/2011/02/04/top-ten-circuit-simulators/>

http://www.ifent.org/temas/amplificadores_operacionales.asp

<http://picmania.garcia-cuervo.net/>

<http://www.tutoelectro.com/>

<http://www.aquihayapuntes.com/programacion-pic-en-c.html?start=1>

<http://www.mikroe.com/>

www.microchip.com

9. Annex

Par3metres i funcions de codi espec3fiques importants per a la resoluci3 amb 3xit del projecte:

Timer1

These options lets the user configure and use timer1. The clock/counter is 16-bit on pic16s and pic18s. It counts up and also provides interrupt on overflow. The options available differ and are listed in the device header file.

Relevant Functions:

setup_timer_1(mode)	Disables or sets the source and prescale for timer1
set_timer1(value)	Initializes the timer1 clock/counter
value=get_timer1	Returns the value of the timer1 clock/counter

Relevant Preprocessor:

None

Relevant Interrupts:

INT_TIMER1	Interrupt fires when timer1 overflows
------------	---------------------------------------

Relevant Include Files:

None, all functions built-in

Relevant getenv() parameters:

TIMER1	Returns 1 if the device has timer1
--------	------------------------------------

Example Code:

```
For PIC18F452
setup_timer_1(T1_DISABLED); //disables timer1
or
setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_8); //sets the internal clock as source
//and prescale as 8. At 20Mhz timer1 will increment
//every 1.6us in this setup and overflows every
//104.896ms

set_timer1(0); //this sets timer1 register to 0
time=get_timer1(); //this will read the timer1 register value
```

set_adc_channel()

Syntax: set_adc_channel (*chan* [,*neg*])

Parameters: *chan* is the channel number to select. Channel numbers start at 0 and are labeled in the data sheet AN0, AN1. For devices with a differential ADC it sets the positive channel to use.

neg is optional and is used for devices with a differential ADC only. It sets the negative channel to use, channel numbers can be 0 to 6 or VSS. If no parameter is used the negative channel will be set to VSS by default.

Returns: undefined

Function: Specifies the channel to use for the next read_adc() call. Be aware that you must wait a short time after changing the channel before you can get a valid read. The time varies depending on the impedance of the input source. In general 10us is good for most applications. You need not change the channel before every read if the channel does not change.

Availability: This function is only available on devices with A/D hardware.

Requires: Nothing

Examples:

```
set_adc_channel(2);
delay_us(10);
value = read_adc();
```

Example [ex_admm.c](#)

Files:

Also See: [read_adc\(\)](#), [setup_adc\(\)](#), [setup_adc_ports\(\)](#), [ADC Overview](#)

read_adc()

Syntax: value = read_adc ([*mode*])

Parameters: *mode* is an optional parameter. If used the values may be:
 ADC_START_AND_READ (continually takes readings, this is the default)
 ADC_START_ONLY (starts the conversion and returns)
 ADC_READ_ONLY (reads last conversion result)

Returns: Either a 8 or 16 bit int depending on #DEVICE ADC= directive.

Function: This function will read the digital value from the analog to digital converter. Calls to setup_adc(), setup_adc_ports() and set_adc_channel() should be made sometime before this function is called. The range of the return value depends on number of bits in the chips A/D converter and the setting in the #DEVICE ADC= directive as follows:

#DEVICE	8 bit	10 bit	11 bit	12 bit	16 bit
ADC=8	00-FF	00-FF	00-FF	00-FF	00-FF
ADC=10	x	0-3FF	x	0-3FF	x
ADC=11	x	x	0-7FF	x	x
ADC=16	0- FF00	0-FFC0	0-FFE0	0-FFF0	0-FFFF

Note: x is not defined

Availability: This function is only available on devices with A/D hardware.

Requires: Pin constants are defined in the devices .h file.

Examples:

```

setup_adc( ADC_CLOCK_INTERNAL );
setup_adc_ports( ALL_ANALOG );
set_adc_channel(1);
while ( input(PIN_B0) ) {
    delay_ms( 5000 );
    value = read_adc();
    printf("A/D value = %2x\n\r", value);
}

read_adc(ADC_START_ONLY);
sleep();
value=read_adc(ADC_READ_ONLY);
  
```

Example Files: [ex_admm.c](#), [ex_14kad.c](#)

Also See: [setup_adc\(\)](#), [set_adc_channel\(\)](#), [setup_adc_ports\(\)](#), [#DEVICE](#), [ADC Overview](#)

set_tris_x()

Syntax:

```
set_tris_a (value)
set_tris_b (value)
set_tris_c (value)
set_tris_d (value)
set_tris_e (value)
set_tris_f (value)
set_tris_g (value)
set_tris_h (value)
set_tris_j (value)
set_tris_k (value)
```

Parameters: *value* is an 8 bit int with each bit representing a bit of the I/O port.

Returns: undefined

Function: These functions allow the I/O port direction (TRI-State) registers to be set. This must be used with FAST_IO and when I/O ports are accessed as memory such as when a #BYTE directive is used to access an I/O port. Using the default standard I/O the built in functions set the I/O direction automatically.

Each bit in the value represents one pin. A 1 indicates the pin is input and a 0 indicates it is output.

Availability: All devices (however not all devices have all I/O ports)

Requires: Nothing

Examples:

```
SET_TRIS_B( 0x0F );
// B7,B6,B5,B4 are outputs
// B3,B2,B1,B0 are inputs
```

Example Files: [lcd.c](#)

Also See: [#USE FAST_IO](#), [#USE FIXED_IO](#), [#USE STANDARD_IO](#), [General Purpose I/O](#)

delay_us()

Syntax: delay_us (*time*)

Parameters: *time* - a variable 0-65535(int16) or a constant 0-65535

Note: Previous compiler versions ignored the upper byte of an int16, now the upper byte affects the time.

Returns: undefined

Function: Creates code to perform a delay of the specified length. Time is specified in microseconds. Shorter delays will be INLINE code and longer delays and variable delays are calls to a function. This function works by executing a precise number of instructions to cause the requested delay. It does not use any timers. If interrupts are enabled the time spent in an interrupt routine is not counted toward the time.

The delay time may be longer than requested if an interrupt is serviced during the delay. The time spent in the ISR does not count toward the delay time.

Availability: All devices

Requires: #USE DELAY

Examples: #use delay(clock=20000000)

```
do {
  output_high(PIN_B0);
  delay_us(duty);
  output_low(PIN_B0);
  delay_us(period-duty);
} while(TRUE);
```

Example Files: [ex_sqw.c](#)

Also See: [delay_ms\(\)](#), [delay_cycles\(\)](#), [#USE DELAY](#)