



Escola Universitària  
Politécnica de Mataró

**Enginyeria Tècnica Industrial: Especialitat Electrònica Industrial**

**Vigilant de Càrregues**

**PERE GRAU I POCH  
JUAN GIL LÒPEZ  
TARDOR 2008**

## **DEDICATÒRIA**

Vull dedicar aquest projecte a la meva esposa i filla.

Son tantes hores robades en la consecució de la carrera i en especial d'aquesta ultima part, tanta la comprensió, suport i paciència que han donat, que tot agraïment serà poc, per demostrar – les que ho he aprofitat.

## **RESUM**

Actualment i cada cop més, la societat i la indústria en general a nivell global, es preocupa per el medi ambient i tot amb allò relacionat.

Es dintre d'aquest àmbit, a on prenen relleu les mesures de gestió energètica eficaç, així com dels recursos disponibles en general.

No es tracta tan sols de apagar un llum per evitar malgastar personalment. Es tracta a més de optimitzar qualsevol recurs que consumeixi energia, i això inclou el vehicle del mantenedor que canvia fluorescents de panells publicitaris, o del que canvia les làmpades de les llumeneres d'una autopista, o d'una brigada municipal que manté les llumeneres d'una ciutat, gran o mitjana. ¿Que es més òptim, donar voltes per veure quantes làmpades o fluorescents estan fora de servei, o saber-ne que aquesta nit en concret no n'hi cap?.

La optimització vindrà ràpida, menys consum de combustible, optimització del personal, i per suposat, estalvi monetari que dedicar a altres fins.

Es amb aquest objectiu de contribuir a una eficaç gestió energètica, que es desenvolupa un eina senzilla d'usar i instal·lar, controlable remotament, i que permet d'obtenir informació en temps real d'una xarxa de càrregues.

## **RESUMEN**

Actualmente y cada vez más, la sociedad y la industria en general a nivel global, se preocupa por el medio ambiente y con todo lo relacionado con el mismo.

Es dentro de este ámbito, donde toman relevancia las medidas de gestión energética, así como de los recursos disponibles en general.

No se trata tan solo de apagar una luz para evitar un malgasto energético personal. Se trata también de optimizar cualquier recurso que consumo energía, y esto incluye el vehículo de la empresa de mantenimiento que sustituye los fluorescentes de paneles publicitarios, o de la que sustituye las lámparas de las luminarias de una autopista, o de la que mantiene las luminarias de una ciudad ya sea grande o mediana. ¿Que es más óptimo, circular sin parar buscando fluorescentes o lámparas fuera de servicio, o saber que en esta noche en concreto no hay ninguno/a?.

La optimización será rápida, menos consumo de combustible, optimización del personal, y por supuesto, ahorro monetario para dedicar a otros fines.

Es con éste ánimo de contribuir a la gestión energética, que se desarrolla esta herramienta sencilla de usar y de instalar, controlable remotamente, y que permite obtener información en tiempo real de una red de cargas.

## **ABSTRACT**

Nowadays, into world industry and society exists, a growing feeling about environmental health.

Efficiency energetics measures and disposable resources in general are taken into.

Is not as simple as turn-off a light to try to do not waste individually. It's important to try to optimize every energy consumption, including the company vehicles that keep working on the fluorescent lamps on advertisings, or discharge lamps into public lighting installations, or in a roadway.

¿Which is the best, drive around the city looking for any lamp out of order, or to know that tonight everything is right and there is no need to go out ?

Fuel consumption and human resources will be optimized quickly, so, money will be saved and could be dedicated to other things.

This is aim in this tool development. A remotely controlled, easy to use and install tool, that gives real-time information about loads.

# ÍNDIX

	<b>Pàg.</b>
<b>1. Objectius.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objecte del projecte.....	1
1.2 Especificacions i abast del projecte.....	3
<b>2. Introducció.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Anàlisi de mercat i viabilitat del Vigilant de Càrregues.....</b>	<b>9</b>
3.1 Comparativa amb competència actual.....	9
3.2 Quadre comparatiu V.C. versus competència analitzada.....	12
3.3 Viabilitat del projecte.....	13
3.4 Justificació d'avantatges del projecte del V.C.....	14
3.5 Possibles aplicacions i innovacions respecte de la competència.....	14
<b>4. Descripció del projecte.....</b>	<b>17</b>
4.1 Descripció dels sistemes del V.C.....	17
4.1.1 Descripció del Nucli del sistema.....	19
4.1.2 Descripció de la etapa de sensat de I.....	23
4.1.3 Descripció de la etapa de sensat de V.....	31
4.1.4 Descripció de la etapa de detecció de pas per 0 i conformat de senyal.....	34
4.1.5 Descripció del gestor de comunicacions RS232-Ethernet.....	35
4.1.6 Descripció de les fonts d'alimentació del sistema.....	37
<b>4.2 Descripció del firmware intern del V.C.....</b>	<b>40</b>
4.2.1 Diagrama de blocs.....	41
4.2.2 Descripció del firmware.....	42

<b>4.3</b>	<b>Descripció del programa de control remot del V.C.....</b>	<b>45</b>
	4.3.1 Diagrama de blocs.....	46
	4.3.2 Descripció de les parts del programa.....	48
<b>5.</b>	<b>Pressupost.....</b>	<b>53</b>
<b>6.</b>	<b>Conclusions i valoració dels resultats obtingut.....</b>	<b>59</b>
<b>7.</b>	<b>Plànols i esquemes.....</b>	<b>61</b>
<b>8.</b>	<b>Bibliografia.....</b>	<b>73</b>
<b>9.</b>	<b>Contingut del CD.....</b>	<b>75</b>

# ÍNDIX DE FIGURES

	<b>Pàg.</b>
<b>Figura 1</b> Vista del aparell PM800 de Merlin Gerin.....	9
<b>Figura 2</b> Vista del aparell LC-2500 de Cirprotek.....	10
<b>Figura 3</b> Vista del aparell GCE de Boninfor.....	11
<b>Figura 4</b> Quadre comparatiu de la competència.....	12
<b>Figura 5</b> Diagrama de blocs del hardware del V.C.....	17
<b>Figura 6</b> Encapsulat microcontrolador ATMeg16.....	19
<b>Figura 7</b> Quadre ratis error en funció de <i>fosc</i> .....	20
<b>Figura 8.</b> Pàgina inicial del Datasheet del ATMega16.....	21
<b>Figura 9</b> Descripció de la etapa de sensat de I.....	23
<b>Figura 10</b> Vista del sensor ACS0750-050.....	24
<b>Figura 11</b> Diagrama de blocs del sensor ACS0750-050.....	24
<b>Figura 12</b> Vista parcial esquema sensat de senyal de I.....	25
<b>Figura 13</b> Diagrama de blocs convertidor RMS AD737.....	26
<b>Figura 14</b> Esquema de muntatge de convertidor AD737.....	26
<b>Figura 15</b> Vista parcial esquema etapa divisors.....	28
<b>Figura 16</b> Vista parcial esquema sensat I, ambADS1100,AD737 i LM101.....	28
<b>Figura 17</b> Descripció pins de ADS1100.....	29
<b>Figura 18</b> Diagrama de blocs de ADS1100.....	29
<b>Figura 19</b> Descripció de la etapa de sensat de V.....	31
<b>Figura 20</b> Descripció HCPL7800.....	32
<b>Figura 21</b> Vista parcial esquema de la etapa de sensat de V.....	33
<b>Figura 22</b> Vista parcial de la etapa de conformat de senyal i pas per 0.....	34
<b>Figura 23</b> Vista del mòdul RS232-Ethernert de Lantronix.....	35
<b>Figura 24</b> Vista del programa de control del Xport-03 de Lantronix.....	36
<b>Figura 25</b> Vista de la font d'alimentació pral. del sistema VC.....	37
<b>Figura 26</b> Disseny de la font de +/-10V.....	38



<b>Figura 27</b>	Descripció de blocs del integrat MAX680.....	38
<b>Figura 28</b>	Connexions del MAX680.....	39
<b>Figura 29</b>	Diagrama de blocs del <i>firmware</i> del V.C.....	40
<b>Figura 30</b>	Diagrama de blocs rutina interrupció del V.C.....	41
<b>Figura 31</b>	Diagrama de blocs del programa de control remot del V.C.....	45
<b>Figura 32</b>	Vista pantalla principal del programa de control remot del V.C.....	48
<b>Figura 33</b>	Vista de les finestres de dades de xarxa elèctrica provinents del V.C.....	48
<b>Figura 34</b>	Vista de la finestra de entrada de dades de control del V.C.....	49
<b>Figura 35</b>	Vista de la finestra del quadre de control del V.C.....	49
<b>Figura 36</b>	Vista de la finestra de alarmes del V.C.....	49
<b>Figura 37</b>	Vista de la finestra de superació de límits del V.C.....	50
<b>Figura 38</b>	Vista de la finestra dels modes de funcionament del V.C.....	50

# 1. OBJECTIUS

## 1.1 OBJECTE I ABAST DEL PROJECTE

L'objecte del projecte es desenvolupar un producte dirigit al sector elèctric , i d'un àmbit d'implantació que pot arribar fins al sector industrial.

En el mon actual, cada cop es més important una gestió intel·ligent de la energia. En tots els sectors es busquen, i no sempre, es troben solucions sobre com estalviar-ne, i si no es possible estalviar-ne, com no malgastar-ne.

En aquest aspecte que ens ocupa, i fora de tractar temes com energies alternatives o renovables, gestió d'energia s'ha d'entendre no tan sols com l'aparellament elèctric com son els quadres elèctrics, magnetotèrmics, diferencials, o disjuntors etc. Si no d'aparellament que ens informa de l'estat d'una xarxa , a fi per exemple d'optimitzar un servei de manteniment que s'encarrega de canviar làmpades de les llumeneres, o dels semàfors d'un municipi. De segur que en poc temps s'observarà una optimització dels costos en forma de combustible per exemple, o d'abast de carrers en el temps que abans no s'assolien. Tot redundarà en una optimització, que en definitiva ens farà gastar menys energia del tipus que sigui, elèctrica, combustibles, etc..., i ens donarà estalvi a mes o menys curt termini, ja que s'entén que es parla de grans instal·lacions.

Per a tal fi es farà un anàlisi del mercat, en el qual s'espera obtenir dades com les següents:

- Preu. El qual donarà una de les condicions del plec, alhora de dimensionar el Vigilant de Càrregues, i les seves funcions.
- Funcions. Que fan els productes de la competència, i com es pot diferenciar d'ella, o millorar-la.
- Complexitat d'us, i opcions de control.
- Capacitat d'ampliacions, o opcions dels mateixos.

De la mateixa manera es buscarà dins el sector electrònic, sensors i components d'última generació que permetin d'implementar solucions noves i a bon preu.

En funció d'això, s'intentarà de dotar a el Vigilant de Càrregues (VC en endavant), tant de opcions, que l'allunyin de la competència, com de noves funcions, per les quals no estan pensats els aparells de la competència. Es clar que hi hauran aspectes del tot semblants, però s'espera que el resta siguin els que marquin les diferències que fan que es pugui introduir en el mercat, ja sigui en un nínxol molt concret on el resta no hi entra, o en clara competència directa.

Es buscaran les opcions més extremes (En preu) del material existent, i s'intentarà de situar el VC, en un punt el qual no te per que ser equidistant (En preu), però si que si han de situar la majoria de funcions, o opcions del VC, de manera que si es fes un anàlisi de qualitat, el farien atractiu al client si s'aconsegueix un bon preu final de cara al mercat.

Això implicarà també de dotar-lo d'un envoltall que permeti instal·lar-lo, a on la majoria de la competència no i te una opció clara Així mateix com de diferents opcions d'ampliacions, que la competència no disposa, o no es detecta una tendència clara a millorar el seu producte (Hi ha productes que porten mes de 5 anys al mercat sense variacions).

## 1.2 ESPECIFICACIONS I ABAST DEL PROJECTE

L'abast es centra en el desenvolupament del element bàsic del que serà una família sencera de productes relacionats amb el presentat.

Es tracta de demostrar, com el element més bàsic de tota una família de productes, els quals es mencionaran més endavant sols a efectes d'informació, es l'embrió tecnològic indispensable de una idea de negoci que farà evolucionar tota una família, per tant, haurà de complir al màxim amb les especificacions després comentades, ja que seran la base per la resta.

De fet el projecte es centra en desenvolupar un V.C. monofàsic, i amb un límit de sensat de 50A rms, tant en corrent altern, com en corrent continu. Per una qüestió de temps, la opció de funcionament en corrent continu, tot i ser perfectament implementable, no es farà.

Quedarà per tant un VC amb un límit de 50A rms de sensat, amb opció de comunicació amb esclaus per mòdem PLC, amb un programa de control i presentació remotes, i com a opció, un petit display i botonera que permetin la programació in situ del VC.

De la mateixa manera, i a efectes d'infraestructures de proves, es limitarà el corrent sensat a 10A, que serà més que suficient per demostrar el funcionament del aparell, així com la comprovació de les especificacions. De fet seran condicions més dures, que demostraran la eficiència del V.C. a grans càrregues, ja que no es el mateix un 1% de precisió a 10A (0,1A), que a 50A(5A).

Relació de la família sencera de producte, sols a nivell informatiu, del qual es base el VC:

Unitats bàsiques:

- VC monofàsic de 50A rms CA/CC, controlable remotament via RS232.
- VC monofàsic de 100A rms CA/CC, controlable remotament via RS232.
- VC trifàsic 50A rms CA/CC, controlable remotament via RS232.
- VC trifàsic 100A rms CA/CC, controlable remotament via RS232.
- VC trifàsic 300A rms CA/CC, controlable remotament via RS232.
- Mini VC esclau de fins a 30A rms CA/CC controlable remotament via PLC.

Opcions :

- Mòdul de comunicacions Ethernet 10/100, programable.
- Mòdul de comunicacions PLC per a connexions a través de la xarxa elèctrica tant amb l'ordinador de control remot, com amb mini VC's esclaus.
- Mòdul de comunicacions bidireccional GSM per SMS.
- Mòdul de 8 entrades i 8 sortides ampliable a 126 mòduls en bus.

Respecte de les especificacions que complirà el V.C.

- Precisió igual o millor al 1% fins a *full scale*.
- Efectiu aïllament galvànic de la xarxa elèctrica d'un mínim de 1.500V.
- Detecció del f.d.p. (Cos fi) per a càrregues inductives i capacitives a partir de 1A.
- Quatre modes de funcionament a saber:
  - Automàtic
  - Per Límits i detecció de  $\Delta t$ .
  - Per *Setpoints* temporitzats
  - Watimetre (Sense alarmes).
  - Identificació d'elements en matrius de càrregues(Amb mini VC's).

Funcionament en mode automàtic.

Des de la posta en marxa inicial, i després d'un temps prefixat (5 minuts), prendrà una primera lectura i la vigilarà constantment, generant un event d'alarma, si la lectura supera una tolerància especificada en el programa de control, tant per amunt, com per avall.

Funcionament en mode límits i  $\Delta t$ .

Des de el programa de control remot, s'especificaran uns límits superiors e inferiors a vigilar amb una tolerància abans de generar un event de alarma. De la mateixa manera, existeixen aparells, que o be per vellesa, o be per la seva idiosincràsia de funcionament, el seu consum no es constant en el temps, de forma que es controlarà el increment o decrement en funció del temps de funcionament, per tal de generar un event, o no.

Funció en mode *Setpoints* temporitzats.

Es podrà especificar una sèrie de graons de increment o decrement de consum a assolir, temporitzats entre ells. La càrrega serà vigilada en aquests intervals, de manera que assoleixi els valors, o es generarà un event d'alarma.

Funcionament en mode Watimetre.

El V.C. simplement informará del consum d'energía activa i reactiva i del f.d.p. actual d'una càrrega, sense generar cap tipus d'event,



## 2. INTRODUCCIO

Es tracta de un producte totalment microcontrolat. Es fonamenta en el sensat del corrent per efecte Hall. A diferència de les tècniques tradicionals de sensat, com son mesurar la caiguda del voltatge que creua una resistència(*Shunt*), i aplicar la Llei d'Ohm, o el de fer servir transformadors toroïdals per obtenir una mostra del senyal i tractar-la, El sensor utilitzat reuneix el millor de les dues, i ens dona una mostra del senyal ponderada en Ampers(mv/A), i que, es muntat en línia amb la càrrega. Això donarà els següents avantatges.

Per un cantó i a diferència del sensat per transformador toroïdal, no es necessari que la unitat de control es col·loqui exactament en la línia, i a prop de la càrrega a controlar(Per exemple cabines d'alta tensió). Així mateix el escalat i sensibilitat del sensat per toroïdal, no pot ser variat posteriorment, sense haver de desmuntar el conjunt.

Existeixen instal·lacions en les qual no es pot per exemple, desconnectar una línia de varies desenes de metres, imaginem el que suposaria fer quelcom així en una línia que alimenti una bateria de SAI's de un Centre de Processament de Dades per exemple.

Per la seva configuració de sensat en línia amb la càrrega, es pot col·locar al quadre elèctric de una planta, o un edifici, o en el quadre de capçalera d'un carrer

Sempre serà menys crític i ràpid de substituir un aparell per malfuncionament a el interior d'un quadre, desconnectant dues bornes de línia, que tenir de retirar la línia de part de la instal·lació per canviar un toroïdal que s'ha obert fora del quadre elèctric.

De la mateixa manera, no es te de patir per un aïllament efectiu de la xarxa elèctrica com passa amb el sensat per resistència, o a través de condensadors tipus X1 o X2, sinó que els components del sensor de corrent estan galvànicament aïllats fins a 3500V, més que suficient per la gran majoria de aplicacions incloent xarxes trifàsiques, i amb una ample de banda de fins a 14Khz.

Ample de banda que ens permet sensar senyals PWM.



Per tant es pot resumir el Vigilant de Càrregues com un aparell sensor de corrent en línia amb una càrrega microcontrolat, i configurable externament, que pot efectuar totes les funcions especificades en el anterior apartat.

### 3. ANÀLISI DE MERCAT I VIABILITAT DEL VC

#### 3.1 COMPARATIVA AMB LA COMPETÈNCIA ACTUAL

Com a producte específic, no existeix que es sàpiga, res en el mercat. Ara bé com a sector dins de l'aparellatge elèctric, ens trobem amb dos o tres productes que entren en clara competència tant per preu com per prestacions i alguna funció, però que es troben entre sí en extrems bastant distants. Ens trobem en el extrem més alt amb la serie PM de Merlin Gerin.



**Figura 1.**

De fet, es de lluny l'aparell més complet per controlar una xarxa elèctrica. Pot treballar en xarxes trifàsiques, i dona aproximadament uns dos-cents cinquanta nivells d'alarma, o condicions d'alarma diferents. També compta amb un programa de control remot extern. El gran desavantatge són les opcions.

De per sí es un aparell car (700€ a 800€) com a unitat bàsica, si hi afegim tan sols els mòduls de comunicació, ens anem a un nivell de quasi 1000€. El problema es la gran quantitat de funcions i paràmetres a configurar que amb tota seguretat, no seran usats mai, i que gairebé el converteix en un element "de luxe", per a les funcions que es poden requerir d'efectuar en una xarxa elèctrica.

A més, es un aparell complex d'usar i configurar, el que exigeix, que l'usuari tingui un cert nivell(Elevat), i una àmplia experiència amb aquest tipus de controlador.

Per el seu disseny, es difícilment implementable fora d'una sala de control elèctrica, o de un quadre elèctric, el que limita la seva instal·lació en àmbits molt concrets, o fortament industrialitzats.

El seu elevat cost, fa que no sigui una opció a tenir en compte quan es te de planejar una instal·lació de varies desenes d'aparells.

En el extrem més baix de funcions es pot trobar l'aparell LC-2500 de Cirprotec.

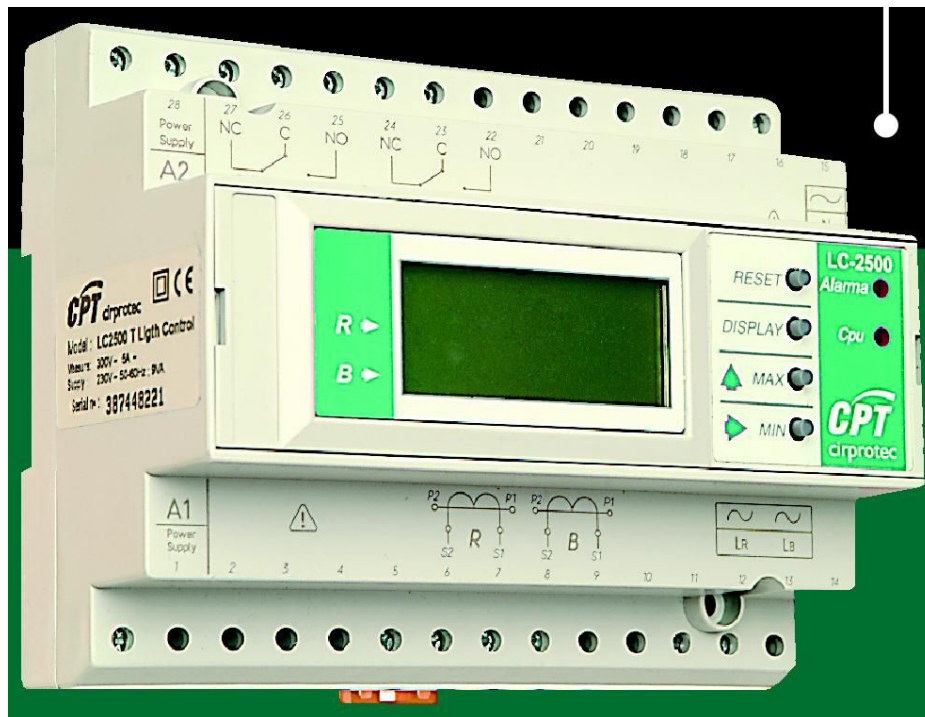


Figura 2.

Com a concepte s'acosta molt a la filosofia del VC. Aparell en format industrial (6 cossos en carril DIN), 2 sortides pilotades per relè. Controla 2 circuits independents (R i B), i disposa d'un display amb 4 botons per selecció de funcions de menú. Així mateix, no te comunicacions amb el mon exterior, i fora de la funció de monitoritzat de baixada del consum de càrrega, no disposa de més funcions, ni de possibles ampliacions, té un preu orientatiu de mercat de 550€

En la part baixa (A nivell de preu), es troba el GCE (Gestor de Cargas Eléctricas) de la empresa Bonilla Informàtica de Astúries.

Aquest es situa sobre els 390€, i si que la seva filosofia es molt més aproximada a la del VC.

Disposa de la introducció de límits superior e inferior de consums, connexió amb Pc remot, i una sortida exterior que “tira” els magnetotèrmics a la unitat connectats si es supera un cert límit. En el frontal existeixen varis led's que informen de la quantitat de càrrega per línia a vigilar(No es pot disposar d'una imatge millor).

**Figura 3.**



El VC entra en competència directa amb el CGE de Boninfor per el que fa en el preu, però les prestacions del VC, son molt més elevades. En la web del fabricant s'anuncia que no existeix un límit superior en sensat d'ampers, el que fa suposar després de tot el procés de cerca efectuat per dur a terme el projecte del VC, que la tecnologia de sensat es la de toroïdal exterior tot i que en cap moment es dona informació al respecte.

### 3.2 QUADRE COMPARATIU VC VERSUS COMPETENCIA ANALITZADA

Essent conscients de les característiques que es vol tingui el VC, s'analitza la competència des de el punt de vista no del que ofereixen, si no de si poden complir amb el que ofereix el VC, ja que de segur el VC no assolirà mai tot el que pot donar un PM800, per exemple.

<b>COMPARATIVA COMPETENCIA</b>					
	<b>VC</b>	<b>GCE</b>	<b>PM800</b>	<b>LC-2500</b>	<b>NOTES</b>
<u>Característiques</u>					
Control automàtic de consums monofàsics	X	X	X	X	
Control automàtic de consums trifàsics	X	X	X		
Control per límits de consums monofàsics	X	X	X	X(1)	
Control per límits de consums trifàsics	X	?	X		
Control per "SETPOINTS" monofàsic	X	X			
Control per "SETPOINTS" trifàsic	X	X			
Control de increments/decrements de consum monofàsic (temporitzats)	X				
Control de increments/decrements de consum trifàsic (temporitzats)	X				
Modo watimetre monofàsic	X		X		
Modo watimetre trifàsic	X		X		
Control por entradas remotas a opto. (mòdul 8ent./8sort.apart)	X	X(2)		X(3)	
Comunicació via Ethernet	X	X	X(4)		
Comunicacions PLC	X				
	485,27€	395 €	800 €	519,58 €	SOLS APARELL
				30 €	TRAFO.APROX.
				549,58 €	TOTAL

**Figura 4.**

**NOTES:**

- 1- No especifica si es límit superior o inferior.
- 2- Capaç de connectar/desconnectar càrregues.
- 3- Sols dues sortides a relè NC/NO.
- 4- Amb mòduls extra, no de serie.

**3.3 VIABILITAT DEL PROJECTE**

A nivell tècnic no hi han problemes per dur a terme el projecte, existeixen en el mercat els components que son necessaris per assolir amb bon fi la realització del projecte. A més no sols son fàcilment localitzables (Botigues, Comerç electrònic, Distribuïdors del sector,etc...) si no que la gran majoria poden ser comprats a grans distribuïdores en quantitats que otorguen un cert avantatge econòmic de cara a producció final del projecte.

De la mateixa manera, la concepció del VC fa que no es tinguin d'observar processos industrials complexes com les plaques multicapa, ja que en cap moment s'excedeix de velocitats de rellotge dels 4-8 Mhz. El que simplifica i molt tot el procés de fabricació. Igualment, tots els components usats en el prototipatge, estan disponibles en formats SMD,TSSOP,QUAD,etc... el que fa que es pugui passar fàcilment del prototipus a un producte final de dimensions reduïdes.

Un altre concepte que s'ha cuidat es el escalat en els components, totes les parts vitals(uC, Sensors, ADC's, etc...), poden ser substituïdes per components de funcions i prestacions superiors, sense que obligui a canviar ni de fabricant, ni de tecnologia usada per al seu desenvolupament (Compiladors, software,etc...).

Fins i tot, es disposa de dos o més fabricants, per a cada part vital del projecte, del qual s'han provat mostres, de manera que son perfectament substituïbles(Modificant però, les PCB del projecte) en cas de fallada de subministrament del fabricant.

### **3.4 JUSTIFICACIO D'AVANTATGES DEL VIGILANT DE CÀRREGUES**

La primera i que diferencia del resta son les comunicacions. El vigilat presenta dos tipus de comunicacions amb un PC remot de control, per protocol RS232 a través d'un port sèrie, o bé per Ethernet(UDP), el que permet que un sol programa remot, controli més d'un Vigilant allunyat.

La segona es el efectiu aïllament galvànic, que ve donat per el sensor, i d'altres components del VC que garanteixen 3500 volts d'aïllament efectiu.

La tercera es la facilitat de muntatge. En un quadre elèctric, que no es necessari que estigui al costat de la càrrega a controlar.

La quarta es la facilitat d'ús, a través d'un programa intuïtiu i de molt baixa complexitat, ja que sols presenta una pantalla general, i dos o tres més petites de opcions.

La cinquena es el preu. Com es veurà en el apartat de pressupost, la unitat bàsica tindrà un preu competitiu.

En sisè lloc tenim les comunicacions PLC, que permetran controlar matrius de càrregues, a diferència del resta de competència.

### **3.5 POSSIBLES APLICACIONS I INNOVACIONS RESPECTE DE LA COMPETÈNCIA**

Com a innovació:

Com s'ha dit, s'incorpora a les comunicacions una interfície PLC. Aquesta interfície permetrà estendre les comunicacions del vigilat a través de la xarxa elèctrica.

No es un tipus nou de comunicació al mercat, però sí que ampliarà les capacitats i aplicacions del VC.

A diferència de la competència, pot sensar corrent continu.

Com aplicacions:

Una de les aplicacions per les quals neix el vigilant de càrregues es el control de punts de llum com ja s'ha comentat mes amunt.

En aquest context, es pot instal·lar el VC en un quadre de capçalera d'un carrer, i monitoritzar perfectament entre 20-30 punts de llum (o fins a full scale de sensat), a fi de optimitzar el treball d'una brigada municipal. El VC es connectava a una central, o bé per un mòdul GSM d'enviament de SMS, o bé a la xarxa de comunicacions semafòrica.

Quan el carrer es petit, un VC sol es opció molt vàlida i perfecta, però si s'afronta un carrer com la Diagonal de Barcelona, un sol VC, o varis enviant SMS no es una opció vàlida. En aquest punt les comunicacions per PLC son la solució. S'instal·la un VC com a Master i aquest reconeix tots els esclaus als que pot connectar a través de la xarxa, i els reclama les dades, que enviarà a la central.

Però també es pot tenir un control individualitzat d'una matriu de panells solars. Imaginem una instal·lació de 100 x 100 panells solars, es podria detectar individualment, quin d'ells no esta donant un rendiment adequat.

S'ha dit que el VC neix en principi com a control de punts de llum, es en aquets context, que s'ha contrastat amb possibles usuaris del VC la utilitat del projecte i s'ha detectat la possible instal·lació del VC en:

- Rètols Publicitaris de entitats bancàries.
- Rètols publicitaris comercials (Per exemple els de l'entrada del Aeroport del Prat) que per la seva ubicació son importants, i estan sempre il·luminats.
- Fabricants de llumeneres, que el podrien oferir com a opció en grans instal·lacions.
- Control directe dels nous tipus de LED que s'instal·len a les llumeneres actuals (CC).
- Control del punts de llum de varis carrers per optimitzar l'esforç de les brigades municipals.



-Control de punts de llum decoratius o interiors d'un gran edifici o centre comercial (Imaginem un edifici singular com la central de Caixa de Pensions en la Diagonal de Barcelona).

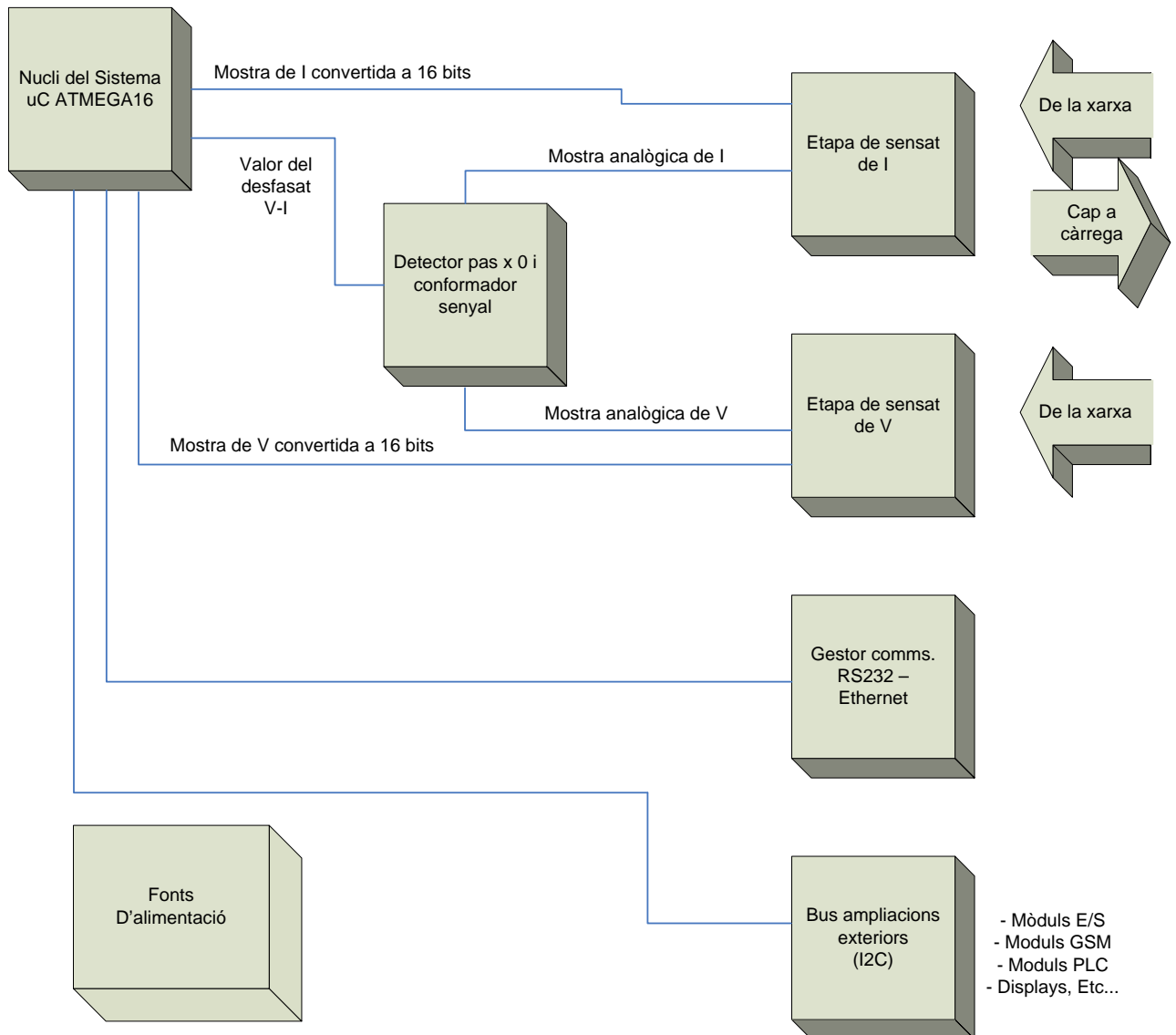
-Control de càrregues que per la seva antiguitat no poden ser modernitzades, però que encara es usen.

Es factible de usar el VC, en qualsevol aplicació industrial, incloent senyals complexes (PWM), ja sigui en motors, forns, etc... fins a 300A en xarxes trifàsiques.

## 4. DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE

### 4.1 DESCRIPCIÓ DELS SISTEMES DEL VC

Tal i com es pot veure en el gràfic adjunt, amb 6 blocs principals es resol el disseny del VC:



**Figura 5.**

Per començar es té com a cor del sistema un microcontrolador ATMEGA16 del fabricant Atmel.

Per la versió bàsica presentada, compleix amb les expectatives de capacitat de memòria per programa (16kbytes), i s'aconsegueix una forta optimització del mateix, ja que sols queden lliures 3 pins del 4 ports(8 bits x port) existents en conjunt.

Seguidament es pot trobar la etapa de sensat de I, està composta a part d'un sensor específic, de filtres, un convertidor de valor verdader RMS, i un convertidor ADC de 16 bits.

El bloc de sensat de V es similar al anterior, però mes complex ja que es tenia d'obtenir per una part, un mostreig analògic de la tensió de xarxa, i per un altra, quantificar-la a través d'un convertidor ADC per poder fer operacions posteriors. Ha implicat des de fonts d'alimentació sense transformador, a amplificadors d'aïllament.

Tot seguit, els anteriors dos blocs ataquen a un detector de pas per zero, i conformador de senyal, de manera que el uC sigui capaç de mesurar el desfasat entre senyals, quan es trobi en presència de càrregues inductives/capacitives.

Tot i que el següent bloc forma part d'un mòdul extern, com en la versió presentada es integrat, s'adjunta en la descripció. Es tracta d'un mòdul convertidor intel·ligent Xport-03 de la casa Lantronix. Permet configurar tot el que es necessita per garantir d'una comunicació remota IP a través de Ethernet, o Internet. De cara al uC, es un col·lateral que conversa en protocol RS232 a nivell TTL a 9600 bauds.

El bloc de fonts d'alimentació del conjunt inclou el següent:

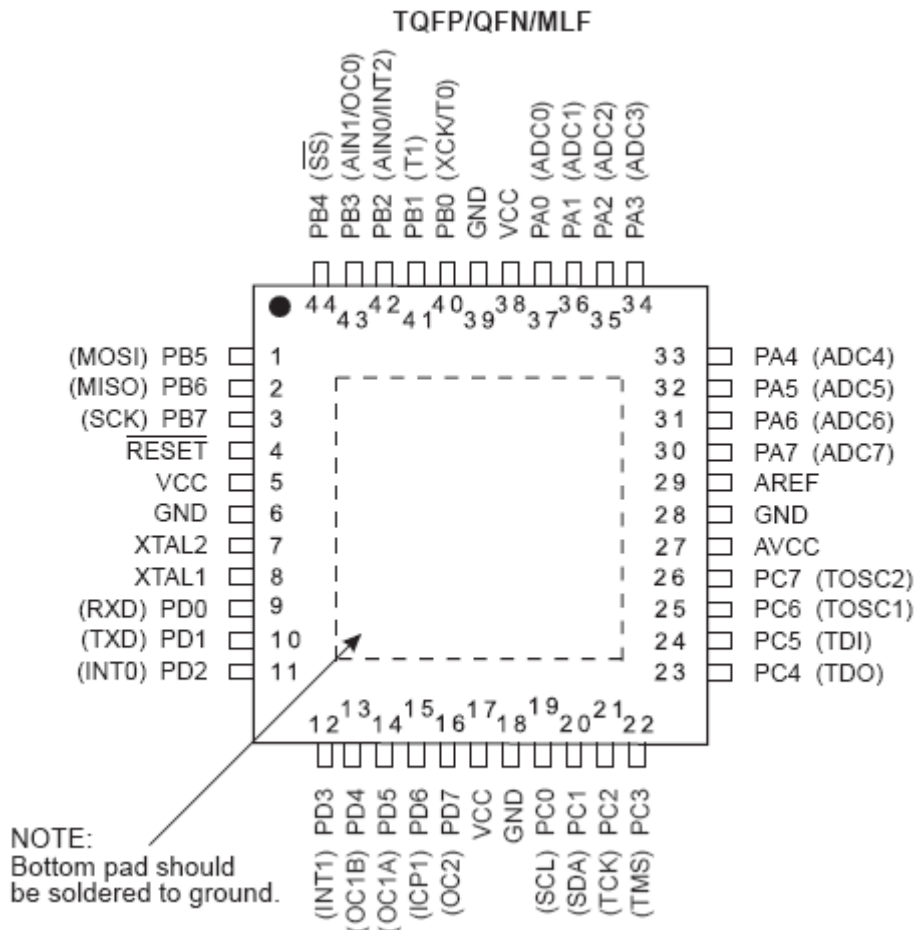
Una font commutada de 5V/1A, que alimenta el nucli del sistema i els components associats que treballen a 5V, i 3 fonts independents de +/- 10V, que s'encarreguen d'alimentar els components que treballen amb tensió dual, com son els op-amps, per exemple.

L'últim bloc son les comunicacions I2C, de fet, el gestor està integrat en el uC, però seran tan importants a la hora de parlar d'ampliacions, que es vol que es consideri com un bloc apart, ja que fora de les funcions principals que te el uC, aquesta part té el segon pes específic més important del projecte. No es descriuran en profunditat, ja que formen part del nucli intern del microcontrolador.

De fet es la que farà servir més recursos i temps de processat del nucli del sistema.

### 4.1.1 DESCRIPCIO DEL NUCLI DEL SISTEMA

El nucli del sistema està format per un microcontrolador ATmega16 del fabricant Atmel en format TQFP com el descrit en la figura 6.



**Figura 6.**

Està configurat per córrer amb un rellotge intern de  $f_{osc} = 2\text{Mhz}$ . S'escull aquesta velocitat per un cantó per que no es necessari més, i per un altre, per que el *Internal Baud Rate Generator* del microcontrolador garanteix un error del 0% en comunicacions sèrie, quan mes proper es el clock de  $f_{osc} = 1.8432\text{Mhz}$  o múltiples de la mateixa tal i com es pot veure en el següent quadre l'error es 0 per a 9600 bauds.

Table 19-9. Examples of UBRR Settings for Commonly Used Oscillator Frequencies

Baud Rate (bps)	$f_{osc} = 1.0000 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 1.8432 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 2.0000 \text{ MHz}$			
	U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	25	0.2%	51	0.2%	47	0.0%	95	0.0%	51	0.2%	103	0.2%
4800	12	0.2%	25	0.2%	23	0.0%	47	0.0%	25	0.2%	51	0.2%
9600	6	-7.0%	12	0.2%	11	0.0%	23	0.0%	12	0.2%	25	0.2%
14.4k	3	8.5%	8	-3.5%	7	0.0%	15	0.0%	8	-3.5%	16	2.1%
19.2k	2	8.5%	6	-7.0%	5	0.0%	11	0.0%	6	-7.0%	12	0.2%
28.8k	1	8.5%	3	8.5%	3	0.0%	7	0.0%	3	8.5%	8	-3.5%
38.4k	1	-18.6%	2	8.5%	2	0.0%	5	0.0%	2	8.5%	6	-7.0%
57.6k	0	8.5%	1	8.5%	1	0.0%	3	0.0%	1	8.5%	3	8.5%
76.8k	-	-	1	-18.6%	1	-25.0%	2	0.0%	1	-18.6%	2	8.5%
115.2k	-	-	0	8.5%	0	0.0%	1	0.0%	0	8.5%	1	8.5%
230.4k	-	-	-	-	-	-	0	0.0%	-	-	-	-
250k	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.0%
Max <sup>(1)</sup>	62.5 kbps		125 kbps		115.2 kbps		230.4 kbps		125 kbps		250 kbps	

1. UBRR = 0, Error = 0.0%

### Figura 7.

Així mateix proporciona els següents serveis imprescindibles per la consecució del projecte:

- 1 Timer intern de 8 bits.
- 2 Timers de 16 bits.
- Conversor ADC de 10 bits, usat per sensar les alimentacions del VC
- 4 Ports de sortida (A,B,C,D) que donen 32 línies I/O.

Del port A es usen 4 bits per al control del Mòdem PLC, quedant els 4 restants per opcions de control avançades que s'implementaran en la versió de producció.

El port B, s'usa per complert entre el ISP per programació, i les comunicacions internes entre el controlador del mòdem PLC i la placa base del V.C. al igual que en el anterior cas, 2 bits del port estan reservats per opcions avançades entre els dos controladors.

El port C es usat per complert per a comunicacions de bus I2C, Display y botonera a implementar en les versions de producció.

El port D es usat per complert en les comunicacions externes del VC, ja sigui per comunicar amb el món exterior en protocol RS232, o Ethernet.

Les especificacions per complert del ATmega 16 es poden veure en la següent figura.

## Features

- High-performance, Low-power AVR<sup>®</sup> 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
  - 16K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory
  - 512 Bytes EEPROM
  - 1K Byte Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Four PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V for ATmega16A
- Speed Grades
  - 0 - 16 MHz for ATmega16A
- Power Consumption @ 1 MHz, 3V, and 25°C for ATmega16A
  - Active: 0.6 mA
  - Idle Mode: 0.2 mA
  - Power-down Mode: < 1µA



**8-bit AVR<sup>®</sup>**  
**Microcontroller**  
**with 16K Bytes**  
**In-System**  
**Programmable**  
**Flash**

**ATmega16A**



Figura 8.

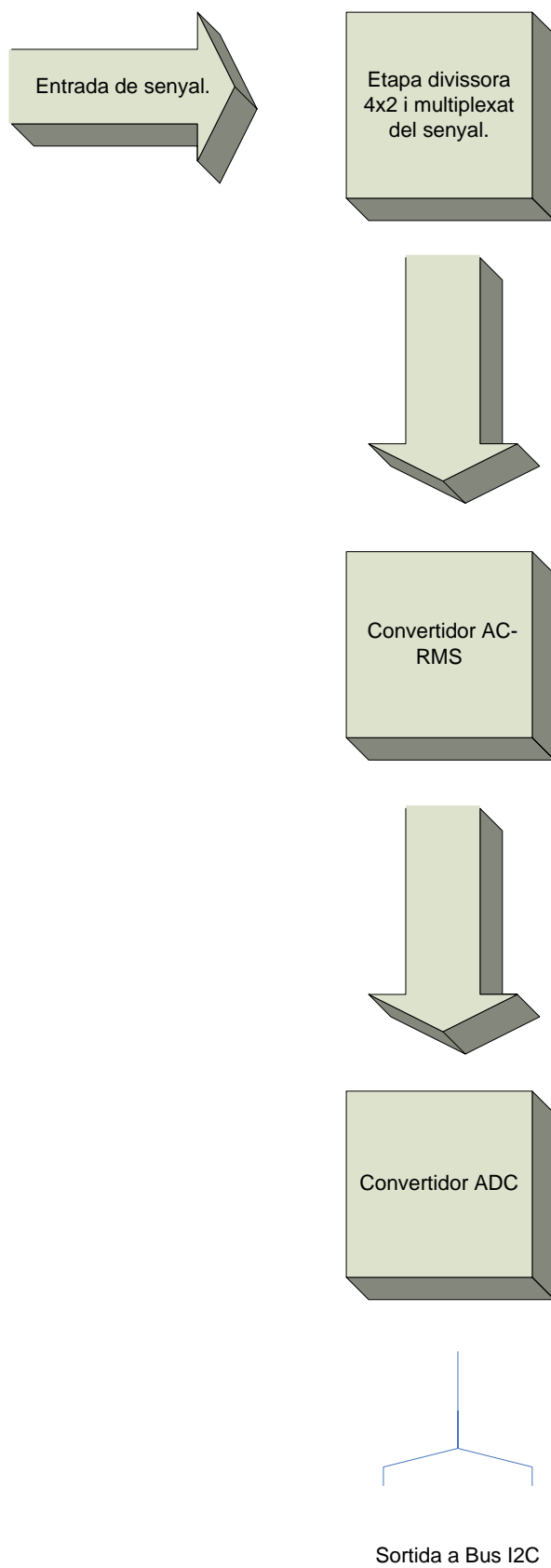
En la memòria pral. del xip de 16Kbytes (*flash*) s'emmagatzema el programa (*firmware*). Les variables d'ús van a la memòria *Sram* de 1kbyte, i en els 512Kbytes d'EEPROM, s'emmagatzema els nivells i events d'alarma, el setup inicial de fàbrica, i qualsevol dada necessària per al funcionament que té de ser retinguda, inclòs en absència de energia.

Al no treballar en temps real dur, el període de 50nS del oscil·lador es suficient, ja que la criticitat màxima de senyal es situa per un cantó entre els 40µS per la comunicació amb el registre del mòdem PLC. i per l'altre amb els 20mS del període d'un senyal altern de xarxa elèctrica.

De la mateixa manera no es veu afectat tampoc per les comunicacions externes, ja que aquestes es produeixen en l'interval abans mencionat, o bé, son independents de les velocitats que necessita el convertidor RS232/Ethernet de 10/100 de Lantronix, ja que aquest es genera els seus senyals internament.

Així doncs es té un microcontrolador suficient per les tasques a desenvolupar, fortament optimitzat, i d'un baix cost considerable (3€-3,5€ aprox.).

### 4.1.2 DESCRIPCIO DE LA ETAPA DE SENSAT DE I

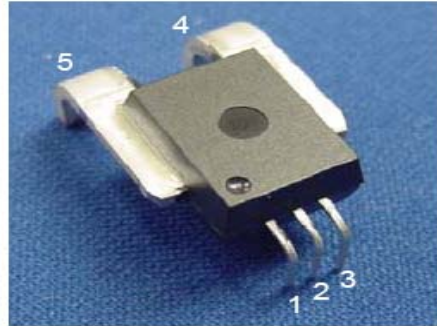


**Figura 9.**



La etapa de sensat es compon de 3 parts bàsiques.

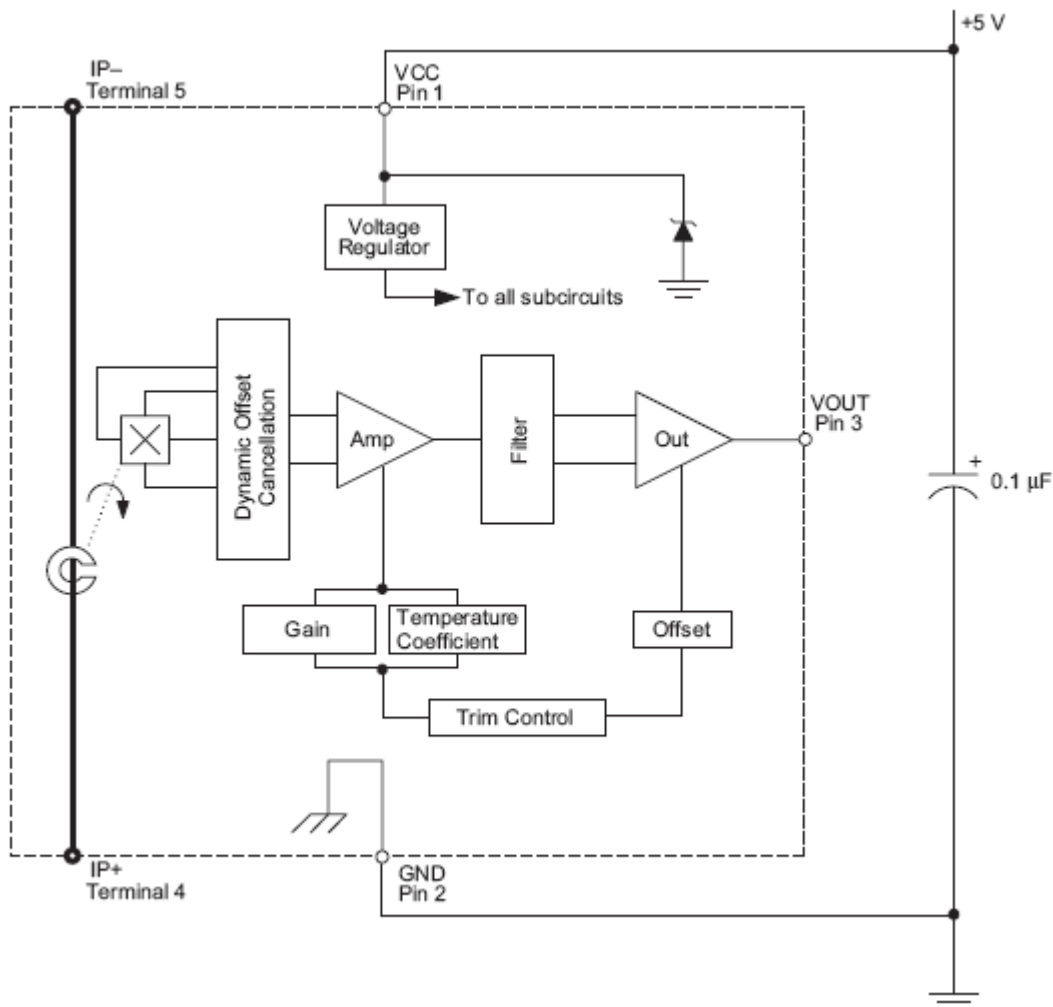
L'encarregat de sensar el senyal del corrent que travessa una càrrega es el sensor d'efecte Hall ACS0750-050 del fabricant Allegro MicroSystems.



Pin 1:  $V_{CC}$       Terminal 4:  $I_{p+}$   
 Pin 2: Gnd        Terminal 5:  $I_{p-}$   
 Pin 3: Output

**Figura 10.**

El diagrama de blocs del qual es pot veure en la següent figura:



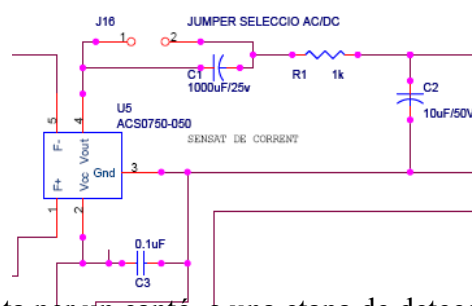
**Figura 11.**

Com es pot veure, el bus del corrent està aïllat galvànicament del circuit de control del sensor, altament optimitzat, i que ens proporciona una mitjà perfecte amb sols tres pins per treballar, Vcc,Gnd i Senyal de sortida.

Les característiques que ens son més importants per a la consecució del projecte son:

- Alta linealitat ( $<0,5$ ) a temperatura ambient( $25^\circ$ )
- Sortida ratiomètrica.(Per tant linealitat independent de Vcc.).
- Sensibilitat constant garantida entre -50A i 50A a temperatura ambient( $40\text{mv/A}$ ).
- Gran ample de banda( $13\text{Khz}$ ). Però també serà un problema posterior.
- Senyal de sortida de Vcc/2 en absència de corrent, el que farà que el rang de sortida es posicioni entre Vcc/2 i Vcc, (2,5v a 5v). En els cas que ens ocupa es perfecte ja que el convertidor ADC agafa com a referència la tensió de alimentació de 5v, que es la mateixa que la del ACS0750-050.
- Aïllament galvànic de 3.000V entre els pins de sensat i els d'alimentació i sortida de senyal, per 50-60Hz i durant un minut continuat.
- Temps de resposta als canvis de 24us, sobrat per les necessitats.

En el front de la etapa ens trobarem aquest sensor, tot seguit atacarà un condensador (C1) que ens filtrarà la component contínua de la sortida (Vcc/2), de manera que a l'entrada de un filtre de 150Hz format per R1 i C2, ens trobarem tan sols amb la component alterna del senyal, que de fet es el que interessa, i que pot variar, entre 0v, i 2,5vp-p.



**Figura 12.**

Aquest senyal s'injecta per un cantó, a una etapa de detecció de pas per 0, i conformat del senyal, i per un altre cantó, a una etapa formada per 3 divisors per 2 en cascada a través de

un multiplexor analògic i a un convertidor AC-RMS del fabricant Analog Devices. En concret es el AD737.

El diagrama de blocs del mateix es en la següent figura.

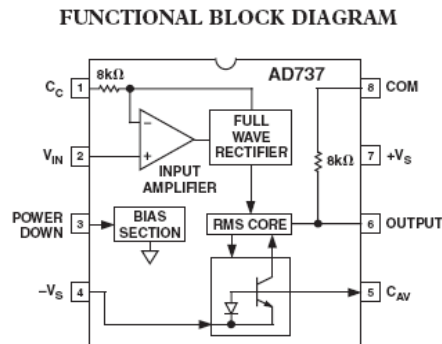


Figura 13.

Atacarem amb el senyal directament a través del pin 2 d'alta impedància, i obtindrem un senyal continu negatiu equivalent en rms del valor que introduïm al pin 2. es dir si, per exemple injectem un senyal de 100mvp-p AC, en el pin 6 obtindrem un senyal de -100mv CC, per a tal fi, s'usarà la mateixa configuració que especifica el fabricant en el seu datasheet, i que es la següent:

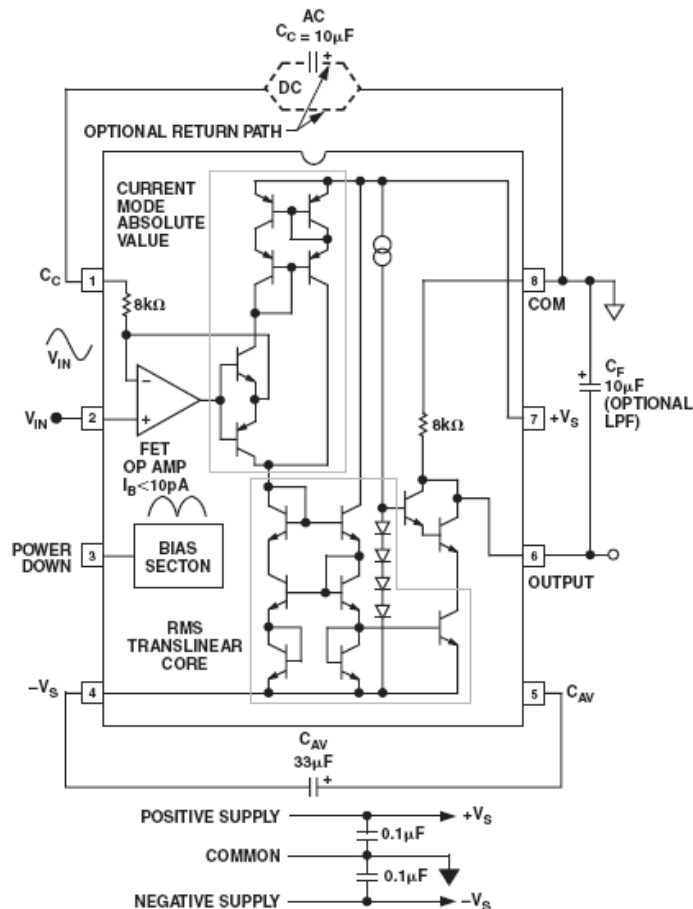


Figura 14.

Com a tret rellevant comentar la funció dels condensadors  $C_c$ ,  $C_{av}$  i  $C_f$ , s'han d'escollir cuidadosament segons datasheet, ja que un error altera, i en molt les característiques garantides per el fabricant. Les proves preliminars van donar un resultat encertat amb els següents condensadors:

- $C_f = 1\mu F$
- $C_c = 10\mu F$
- $C_{av} = 15\mu F$

Tot i que  $C_{av}$  no es necessari de ser muntat (Valor mitj d'un senyal altern pur = 0), mai es sap de quina naturalesa poden ser els senyals a sensar (Pwn, Triangular, etc...).

Les característiques que ens son més importants per a la consecució del projecte son:

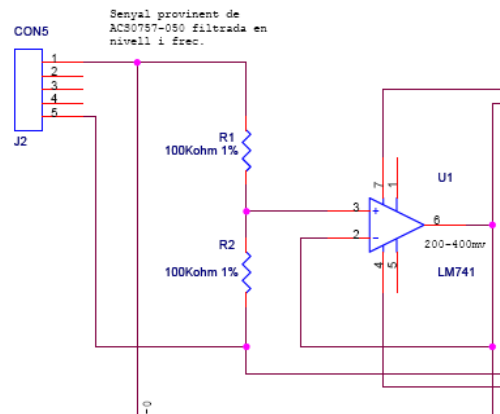
- Error 0 a la sortida de conversió a temperatura ambient ( $25^\circ$ )
- Error 0 a la sortida de conversió per a  $V_{cc} = 5v$
- Error 0 a la sortida de conversió per a entrades màximes de 200mv rms (565mvp-p). I això es el que obliga a usar 4 divisors per 2 en cascada..
- Error 0 de conversió per factors de cresta  $<5$
- Màxim error induït per el xip en  $\pm 0.2mv + 0.3mv$  per senyals AC es dir 0.5mv. El qual es acceptable, sobretot quan parlem d'entrades de 10mv aprox.

Però per poder tenir un senyal en entrada que no superi els 200mv, quan el ACS0750-050 ens dona una sortida màxima a *full scale* de 2,5vp-p (0.883v rms), em de dividir consecutivament el senyal, per despres multiplicar-ho per l'escalat un cop convertida a digital.

Per a tal fi es dissenya un divisor per 2 de 3 etapes en cascada separades per un LM741 en configuració de seguidor d'entrada. Les resistències usades per cada divisor seran de 100kohms al 1% de precisió, el que ens permet menysprear les possibles variacions en el percentatge del divisor, ja que no seran detectables. Les proves preliminars, van demostrar aquesta hipòtesi així mateix les proves preliminars no han donat un error detectable en els LM741 per sobre dels 0,0009V, el qual els dona per vàlids a l'hora de usar-los. Aquestes proves es poden veure en el Annex 3.

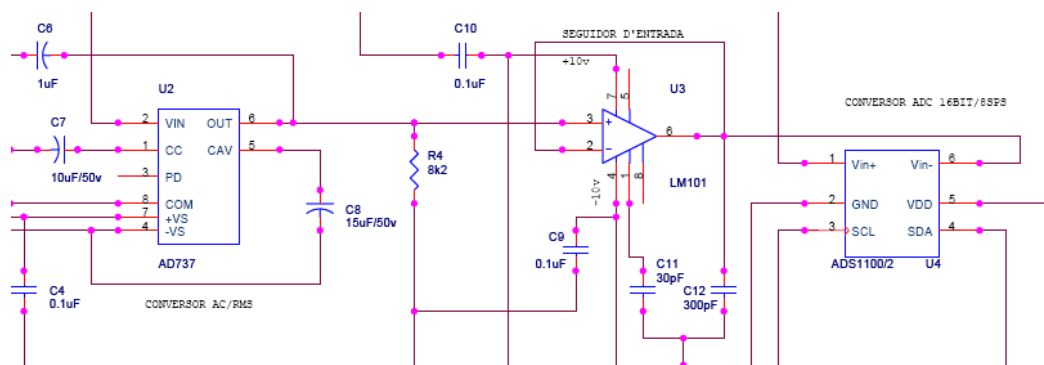
En la següent figura es pot veure una de les etapes divisoras.

**Figura 15.**



Cada una de aquestes etapes, ataca per separat a un multiplexor analògic CD4051BCN, la elecció no es casual, es tracta del multiplexor del mercat, que fora d'aplicacions molt específiques, com per exemple les de vídeo, te la Ron més baixa, en concret al voltant del 25 ohms, el qual, es crític al nivell de transport del senyal cap a la sortida per injectarla al AD737.

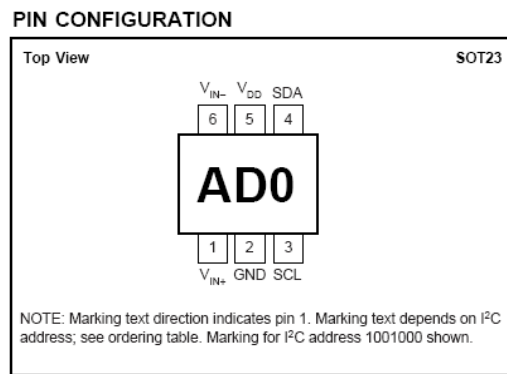
Tot seguit i després d'injectar el senyal a l'AD737, a la sortida es te el valor RMS d'entrada. Es pot veure el funcionament en el Annex 3. aquest senyal passarà a través d'un seguidor d'entrada de precisió com es el LM101A, i serà llegida per el convertidor ADS1100, tal i com es pot veure en la figura 16.



**Figura 16.**

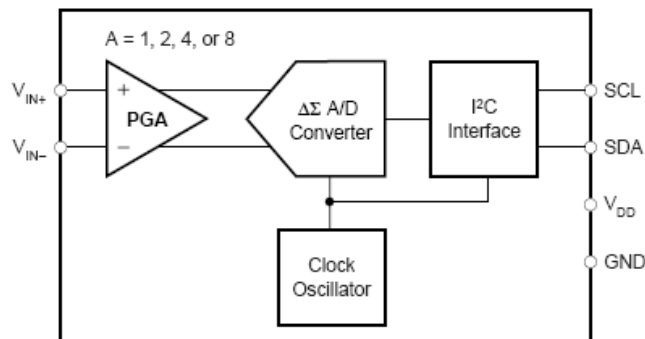
Es fa servir el seguidor per que en les proves preliminars, es va observar que tot i que la sortida del AD737 es de baixa impedància, i la entrada del ADS110 es de una impedància relativament alta, es produïen pèrdues del senyal, no gaire significatives, però que ja no garantien precisió en les mesures. Es podia evitar posant a la sortida del AD737 una impedància del mateix nivell que la declarada de sortida per el fabricant, però a les hores es tenia un divisor de voltatge, i si la impedància no era exacta a la de la etapa de sortida, es tornava a tenir error. Per tant, es va optar per aquesta opció.

S'escull el convertidor ADS1100 per que per el preu que té de mercat (5€ aprox.), dona unes prestacions molt i molt bones.



**Figura 17.**

Es un convertidor mono o bipolar, de 16 bits, i amb sortida per bus I2C, que el fa idoni per ser connectat directament al mateix bus del microcontrolador. No té un gran mostreig (Entre 8 i 128 smps.), però tampoc es requereix una reconstrucció del senyal, ja que treballem amb valors continus, per tant, com es deia, idoni. La seva constitució interna es la següent.



**Figura 18.**

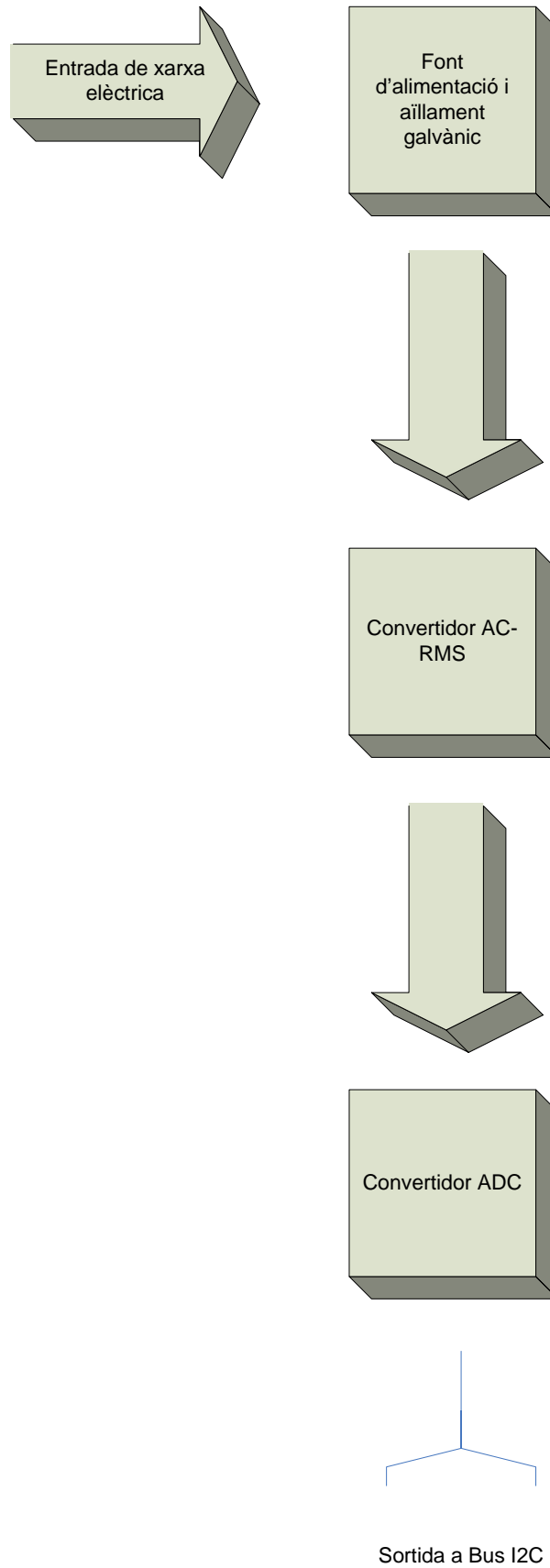
Serà alimentat a 5V, que també serà el seu valor de referència. Per tal d'obtenir un ajust dinàmic, en comptes de connectar una de les entrades bipolars a massa, es connectarà a la

alimentació a través d'un potenciòmetre de 10Kohms. Això permetria per exemple reduir si es vol el marge de sensat, i treballar amb una versió del VC de 25A en comptes de 50A.

La connexió al bus tal i com especifica el desenvolupador (Philips), s'efectuarà amb dos resistències de *Pull-Up* de 4,7Kohms.

La sortida del ADS1100 serà de 3 bytes MSB primer, que seran recollits per el microcontrolador, escalats i tractats per poder fer les funcions del VC

### 4.1.3 DESCRIPCIÓ DE LA ETAPA DE SENSAT DE V





**Figura 19. (A la pàgina 31)**

La etapa de sensat de V es compon de 3 parts bàsiques.

Si es vol donar al VC alguna funció més que la de vigilància, i amperímetre, aquesta etapa es bàsica, ja que es la que proporcionarà dos senyals indispensables, per un cantó proporciona una mostra del senyal de tensió de xarxa elèctrica desacoblada de la mateixa xarxa, però fidedigna amb la original, i per el altre, es determina el seu valor. Ara ja es pot usar el VC també com a watímetre que donarà potència activa i reactiva.

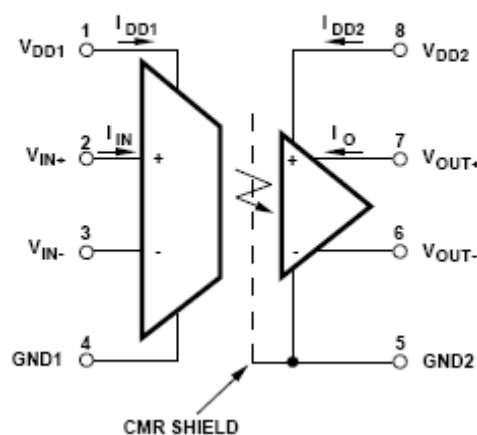
Per aconseguir això el primer a fer es desacoblar el senyal de la xarxa. Això implica varis problemes de disseny. Si bé es molt fàcil d'usar un transformador reductor que doni una mostra del senyal, no es fàcil d'implementar degut al volum del mateix, i apart es una font d'induccions i desfasat de senyal.

Existeixen al mercat els amplificadors d'aïllament, però també comporten problemes de disseny, ja que necessiten de tensions de treball separades per a cada part aïllada. Sols tenen un avantatge, el poc consum que presenten en règim.

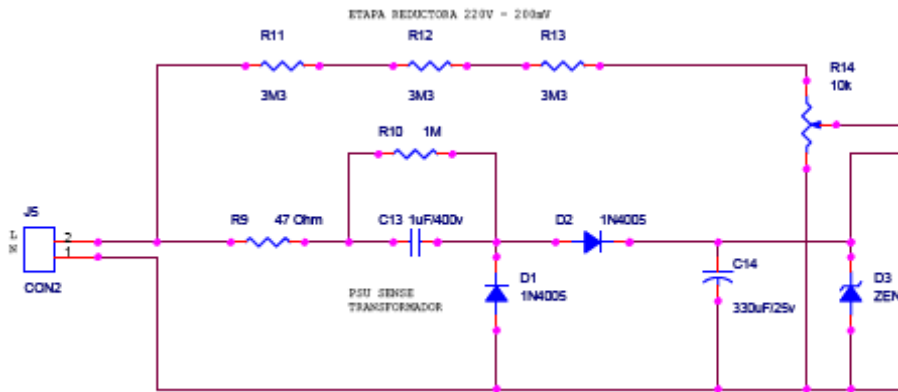
I es degut a això que es pot implementar una petita font d'alimentació *Transformerless*, que doni 5V amb els 40-50mA escaig que necessita el desacoblador.

En concret per aquesta funció, s'escull un HCPL7800, que te el avantatge de funcionar amb 5V , i tan sols retarda el senyal 5uS, just el que necessita per passar el aïllament.

El seu diagrama es pot veure en la següent figura.

**Functional Diagram****Figura 20.**

La font d'alimentació està formada per un grapat de components, dels quals un punt important serà el condensador, de 1uF i tipus X2 d'aïllament de la xarxa. Per tal de complir amb el màxim possible de seguretat, quan no està connectada la font, aquest condensador es descarrega a través d'una resistència de 1Mohm.



**Figura 21.**

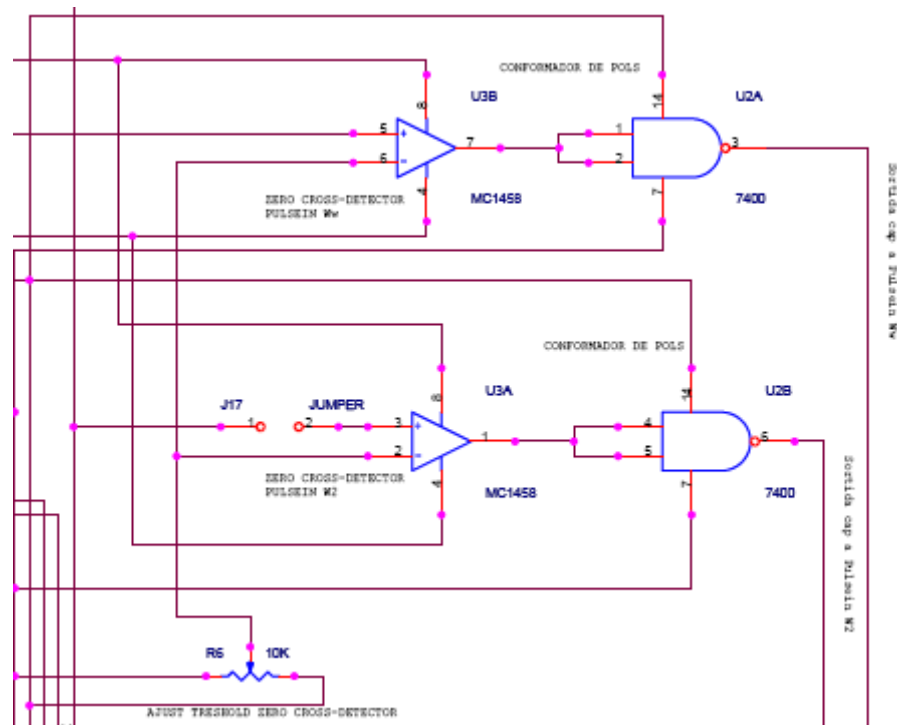
En la font s'incorpora també una indispensable etapa reductora de la xarxa de 220V formada per 3 resistències de 3,3Mohms i un potenciòmetre de 10Kohms, que donarà el senyal a injectar al HCPL7800.

Un cop es extret el senyal desacoblat, s'ataca a etapes subsegüents amb un AD737 i un ADS1100, de les quals no es parlarà, ja que han estat descrites en profunditat en el anterior apartat, i les seves funcions son anàlogues en ambdós cantons.

Sols mencionar, que de la part desacoblada, s'enviarà una mostra del senyal a la etapa de detecció de pas per 0 i conformat de senyal.

#### 4.1.4 DESCRIPCIÓ DE LA ETAPA DE DETECCIÓ DE PAS PER 0 I CONFORMAT DEL SENYAL

Aquest es potser, una de les etapes més senzilles de tot el projecte, l'esquema de la qual es veu en la següent figura.



**Figura 22.**

L'etapa es basa en un operacional MC1458 en configuració de detecció de pas per 0. A través de les dues entrades inversores es regula el nivell de detecció dels senyals provinents de les etapes de sensat de I i de V, i de la sortida es passa a un senzill 7400, que donarà polsos TTL de 5V en els pins 3 i 6. Aquests polsos seran detectats per el ATmega16, que mesurarà el temps de desfasat entre l'arribada dels polsos.

Existeix un *Jumper* a la entrada provinent del sensat de I, de la mateixa manera que existeix una altre en la pròpia etapa de V. La raó de ser dels mateixos, es desconnectar aquesta etapa quan es treballa amb tensions contínues ja que no existeix desfasat a detectar.

Recalcar que el mesurat del desfasat es independent de qualsevol altre desfasat que existeixi en el circuit, per que a fi de comptes, sempre seran els mateixos. Sumant els possibles desfasats del circuit, sempre es detectarà el mateix temps entre senyals, amb el qual, quan el microcontrolador llegeixi el temps entre els senyals, sempre serà un temps real de desfasat entre I i V.

Es dir, si es suposa un desfasat previ de 1ms degut a les etapes anteriors a aquest punt, quan el microcontrolador llegeixi el desfasat, de per exemple 3ms entre senyals, no llegirà 4ms(3+1), llegirà 3ms, no li fa falta tenir en compte el ms existent.

#### **4.1.5 DESCRIPCIO DEL GESTOR DE COMUNICACIONS RS232-ETHERNET**

Tot i ser mes aviat part d'un dels mòduls d'opció comercial, en aquest projecte s'ha volgut dotar de comunicacions una mica més avançades al VC que no pas el típic port RS232, el qual no permet gaires opcions com multiconnexions per exemple.

Per un altre cantó, a part de ser absolutament conegut el protocol de funcionament d'un port RS232, i de no presentar complexitat alguna la seva implementació, cada dia més, es usa menys, quedant quasi arraconat enfront d'opcions més implementades com el USB, Ethernet, o bussos mes industrials com el Jbus, Profibus, etc...

En aquest cas es usa un mòdul del fabricant Lantronix, en concret el Xport-03, que es una passarel·la perfecta RS232 nivell TTL que fa servir el ATmega16 a comunicacions en protocol TCP/IP, o UDP, des de ratis de 300 bauds fins a 921600 bauds.



**Figura 23.**

No es objecte d'aquesta memòria entrar en profunditat en la descripció , o funcionament del mòdul (Ja ho fa perfectament el datasheet del fabricant), i tan sols es comentarà que un cop alimentat i connectat a els pins Txd i Rxd del ATmega16, es posa immediatament en funcionament i a rebre i transmetre.

Per aconseguir això, tant sols es te d'introduir una adreça IP del host remot, una adreça de Gateway si es vol comunicar a traves de Internet, la pròpia adreça que es vulgui donar a el mòdul i res més. I tot això a través del programa de control del fabricant, que el dona gratuïtament, i pantalla del qual es pot veure tot seguit.

Figure 4-2. Network Settings

The screenshot shows the LANTRONIX Network Settings web interface. At the top, the LANTRONIX logo is on the left, and the Firmware Version (V6.1.0.DRC7) and MAC Address (00-20-4A-82-5A-97) are on the right. A sidebar menu on the left contains the following items: Network (selected), Server, Serial Tunnel, Hostlist, Channel 1, Serial Settings, Connection, Email, Trigger 1, Trigger 2, Trigger 3, Configurable Pins, Apply Settings, and Apply Factory Defaults. The main content area is titled "Network Settings" and is divided into two sections: "IP Configuration" and "Ethernet Configuration".

**IP Configuration**

- Obtain IP address automatically
- Use the following IP configuration:

**Auto Configuration Methods**

- BOOTP:  Enable  Disable
- DHCP:  Enable  Disable
- AutoIP:  Enable  Disable

DHCP Host Name:

IP Address:

Subnet Mask:

Default Gateway:

**Ethernet Configuration**

- Auto Negotiate
- Speed:  100 Mbps  10 Mbps
- Duplex:  Full  Half

OK

Figura 24.

#### 4.1.6 DESCRIPCIÓ DE LES FONTS D'ALIMENTACIÓ DEL SISTEMA

Des de el moment que es sap que es treba amb senyals alterns, i operacionals, es sap que fa falta treballar amb tensions duals. Per un altre cantó implementar una font amb 5V, +10V i -10V, es complex, sobretot per el reduït espai existent, ja que es vol que el VC sigui el màxim de compacte possible. Per tant, es usa una font de 5V/1A commutada realment compacta, i implementable en PCB, i es dissenya les fonts necessàries de +/-10V amb semiconductors creats per a tal fi, per a les parts a on siguin necessàries.

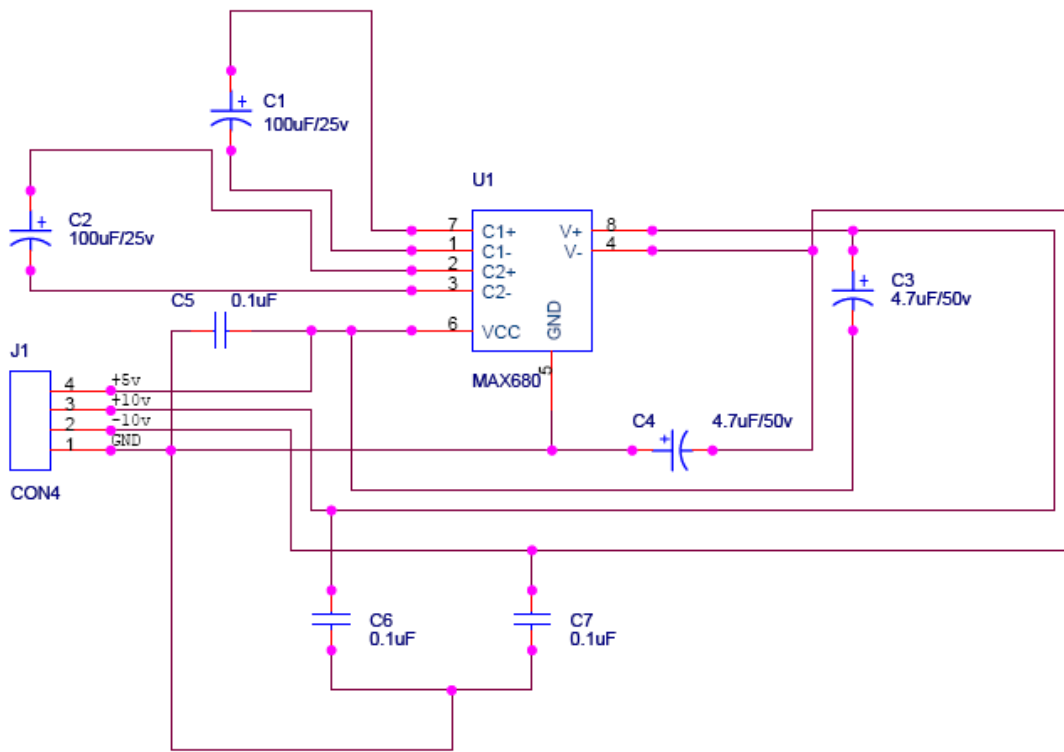
Es en aquest punt que sorgeix un altre problema. Per norma general, aquests tipus de fonts no admeten grans càrregues, amb el qual, es usaran 2-3 fonts per suportar tots els components que requereixen tensions duals, ja que amb una de sola, es produeixen desequilibris en les tensions subministrades.

En la següent figura en la part inferior, es pot veure la font comercial.



**Figura 25.**

En la següent figura es pot veure el disseny de la font de +/-10V.



**Figura 26.**

La font gira al voltant de un MAX680 del fabricant màxim, el qual garanteix que amb una alimentació de 5V única, entrega +/-10V en les seves dues sortides.

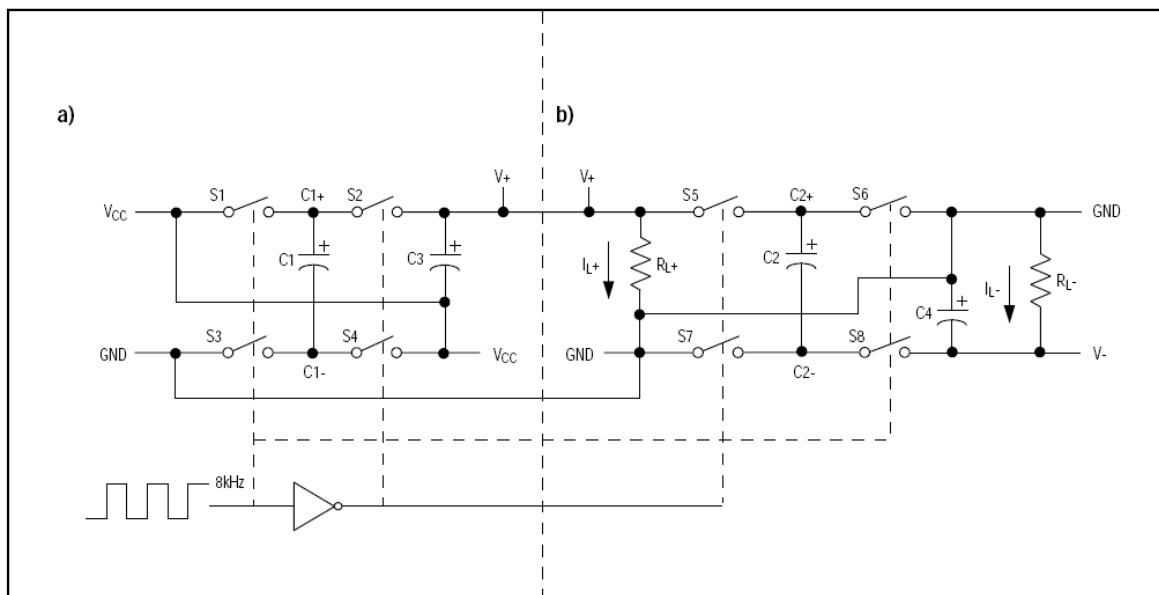
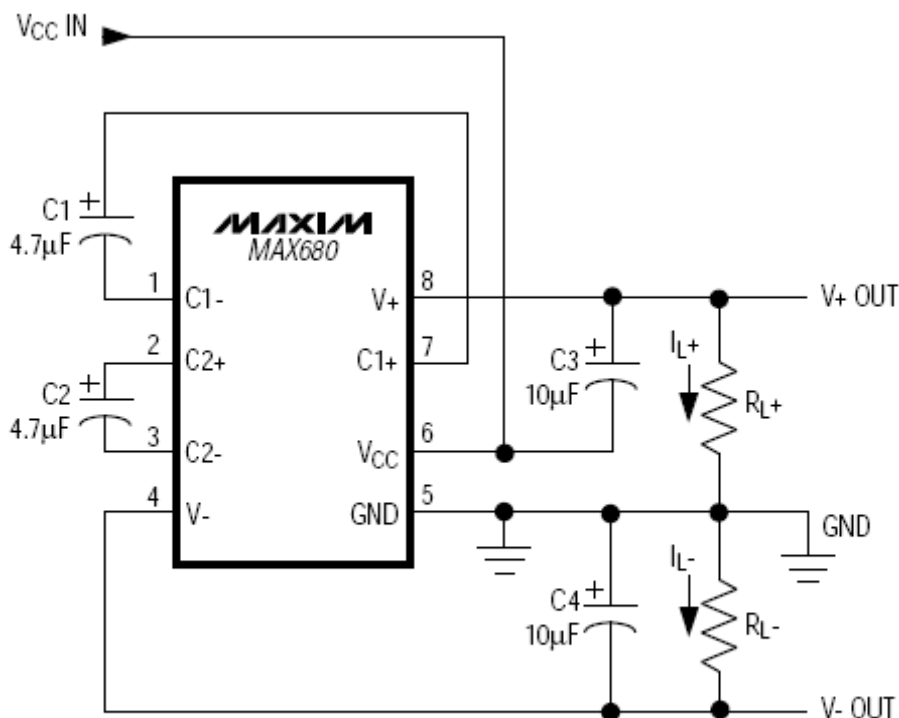


Figure 2. Idealized Voltage Quadrupler: a) Positive Charge Pump; b) Negative Charge Pump

**Figura 27.**

Com es pot veure en l'anterior figura, el integrat en sí és un oscil·lador de 8Khz, que ataca a dues bombes de càrrega formades per condensadors. L'inconvenient d'aquests tipus de fonts, és que són molts "sorolloses", el que obliga a desacoblar, i molt bé tots els components que penguin d'elles. De fet ha estat absolutament imprescindible aquest punt, per al bon funcionament del sistema.

Es fa servir per l'implementació, el esquema del fabricant, tal i com es pot veure en la següent figura.



**Figura 28.**





## 4.2 DESCRIPCIÓ DEL FIRMWARE INTERN DEL VC

### 4.2.1 DIAGRAMA DE BLOCS

En la següent figura es pot observar la descripció dels blocs principals del *firmware* del VC

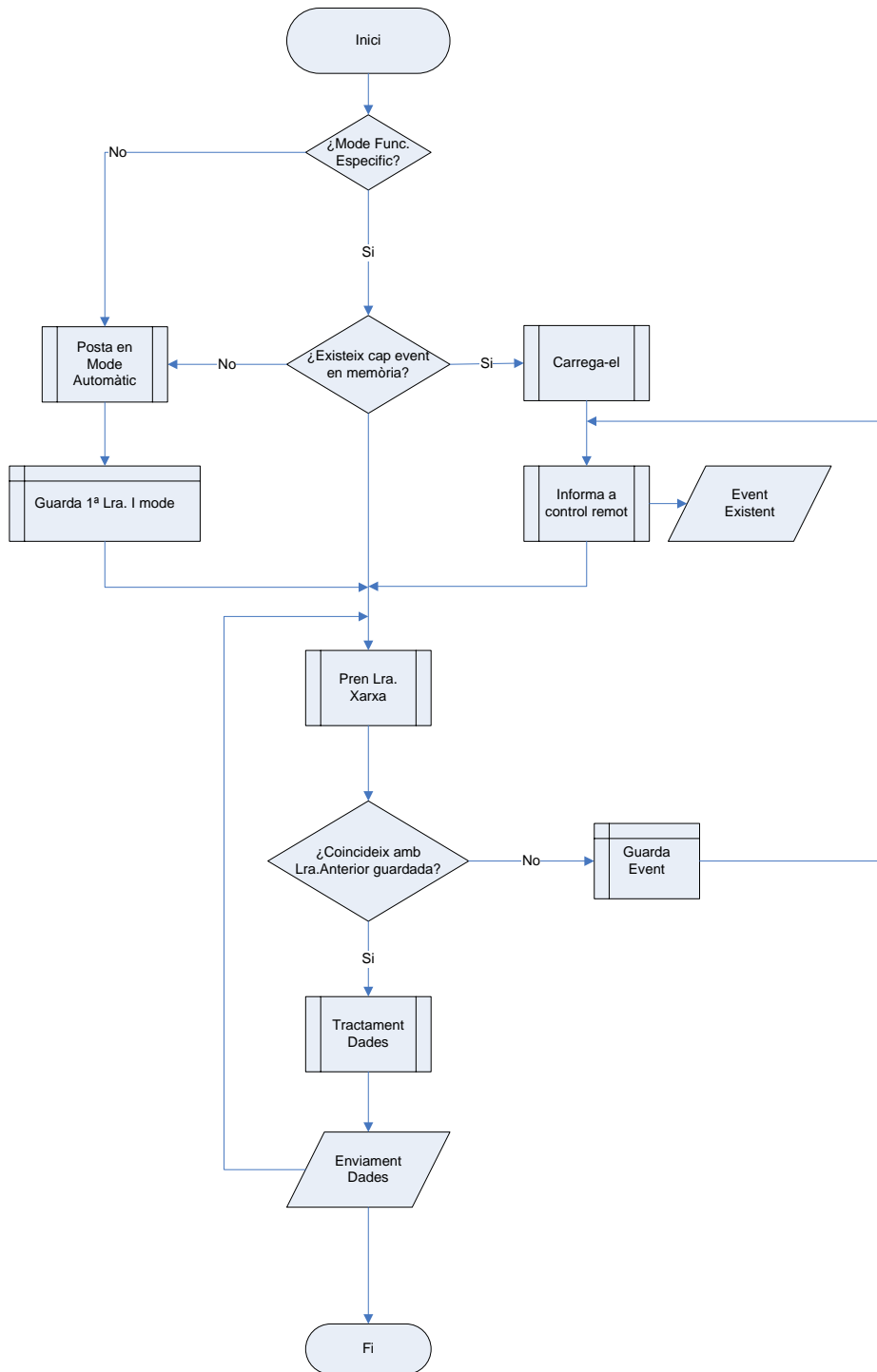


Figura 29.

I aquí es pot veure la ISR de comunicacions:

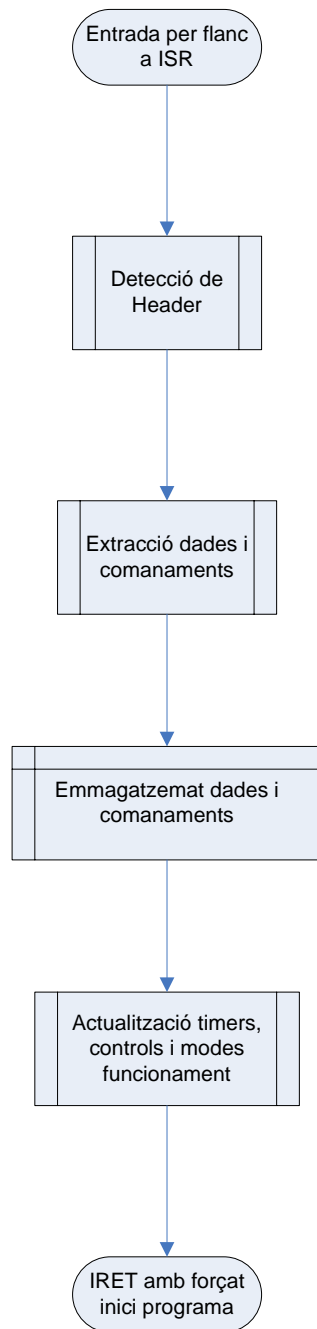


Figura 30.

#### **4.2.2 DESCRIPCIÓ DEL FIRMWARE**

El *firmware* s'ha desenvolupat per complert amb el compilador per AVR, BASCOM-AVR del proveïdor MCS Electronics versió 1.11.8.3.

Es un compilador en llenguatge Basic amb comanaments i funcions específicament desenvolupades per programar microcontroladors del fabricant Atmel, i que genera codi

assemblador per a els mateixos, que després sols es té de programar a través una interfície ISP del micro.

Com es pot veure en el diagrama de blocs, el programa principal es basa en un bucle continu.

Si en arrencar el programa no existeix cap mode prefixat de funcionament (Posta en Marxa Inicial), el programa entra en mode de lectura automàtica, prenent una lectura en un interval de temps prefixat, i vigilant-la constantment després d'haver-la guardat.

Si existeix un mode de funcionament especificat, el programa el carregarà i actuarà en conseqüència, això sí, entrant sempre que no hi hagin fallades, en un bucle de lectures continuat.

En el moment en que es produeix un event, per exemple un rebassat d'un límit inferior, guarda el event, informa a el control remot, i torna a llegir fins que el operador, o bé reconeix el event, o soluciona la avaria en el sistema elèctric. Si es dona aquest últim cas, com el VC té una lra. Inicial guardada, aquesta coincidirà, i sortirà del procés d'events.

El fet de reconèixer un event, no implicarà que es modifiqui la anterior lra. guardada, aquesta haurà de ser presa de nou, per tal d'actualitzar-la.

Es dir, si per exemple es té una instal·lació amb 4 fluorescents, i el consum es de 4x13 watts. En el moment que falli un fluorescent, el VC detectarà que el consum actual es de 3x13 watts, informant a el operador. Si el operador reconeix el event, silenciarà les alarmes, però la lectura original guardada a la eeprom del VC seguirà sent de 4x13 watts, fins que no s'actualitzi. Si el operador pot reposar el fluorescent fos, el VC tornarà a llegir 4x13 watts, i retornarà a un estat normal de funcionament. Si al operador ja li va bé que es llegeixi 3x13 watts, actualitzarà la lectura guardada a la eeprom, per tal de no generar un event nou.

El canvi de mode de funcionament implicarà sempre un nou guardat de lectura en memòria.

El VC com ja s'ha dit pot rebre ordres i dades des de el control remot, per a tal fi disposa d'una rutina d'interrupció, a la qual entrarà en el moment que per el port sèrie del ATmega16 connectat al mòdul Xport, es rebin dades.

Tan bon punt es rebin les dades, el procés principal serà interromput, les dades seran analitzades en funció d'un protocol especificat en el apartat de la descripció del control remot, es tractaran, s'emmagatzemaran si es necessari, s'establirà un nou mode de funcionament si es necessari, i com a sortida de la ISR es dirigirà al inici del programa principal.

No s'inclou cap vista de les parts del software, ja que en el llistat del annex adjunt estan perfectament especificades.

## **4.3 DESCRIPCIÓ DEL PROGRAMA DE CONTROL REMOT DEL VC**

Un cop es té el VC funcionant, amb els paràmetres marcats comprovats, i dins de especificacions i toleràncies, es té de poder controlar les seves funcions, i manegar-les per tal de poder explotar-lo.

Per a tal fi es desenvolupa un petit programa de control, que comunica amb la unitat, i recull les dades que aquesta envia. Així mateix, permet variar el funcionament, canviant els modes, timers, i demés característiques del VC en temps real.

Avui en dia, tots els llenguatges de desenvolupament del mercat (C#, C++, Delphi, VBasic, etc..) estan fonamentats en un entorn de desenvolupament fortament automatitzat i optimitzat, el que fa que la elecció no depengui ja d'una aparencia gràfica que es vulgui donar per exemple, si no de la facilitat de programació del mateix, i de la complexitat del sistema que es vulgui tractar, ja que en definitiva, la major part de la programació es traduirà en respondre als events generats.

Es en aquest punt a on es troba que el llenguatge Visual Basic en la versió 6.0, es prou potent i robust per cobrir les necessitats, senzill d'usar i que fa, que sigui prou adaptable per futures ampliacions en versions comercials si s'escau.

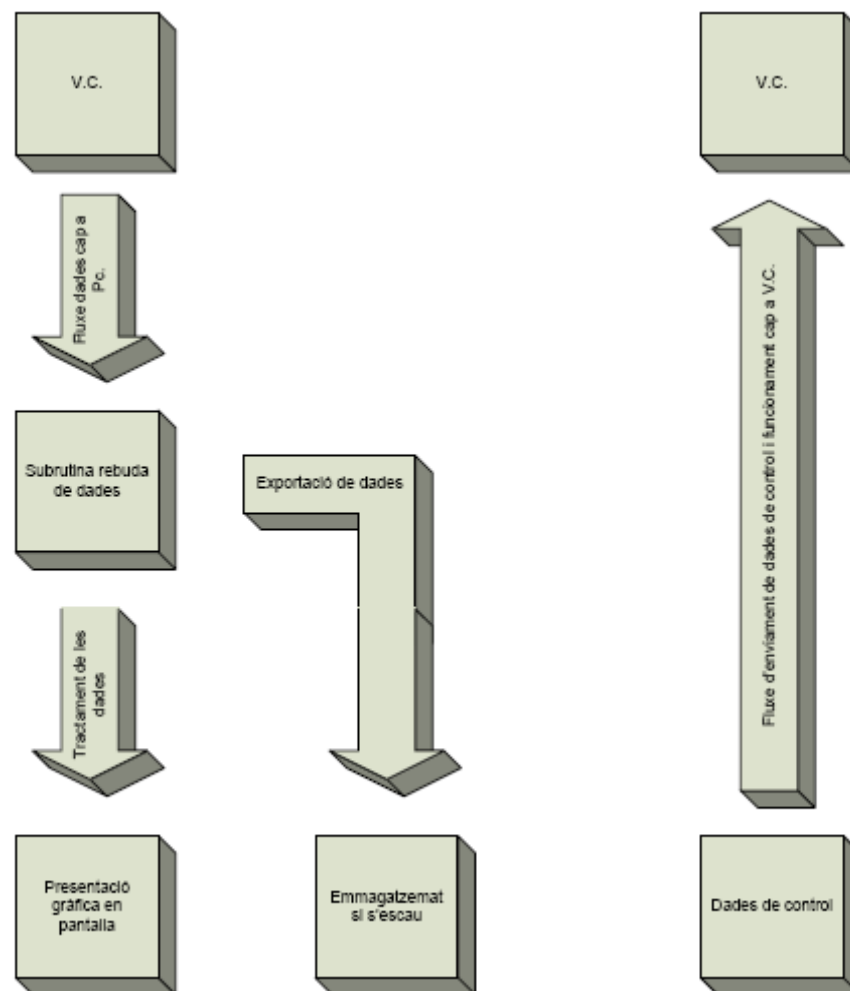
La versió de programa presentada es la mes senzilla de totes, es per un sol VC, i tan sols inclou les funcionalitats bàsiques, que seran les següents.

- Introducció adreça IP del VC per comunicacions
- Selecció del mode de funcionament del VC
- Introducció de límits i toleràncies per el funcionament en Mode Límits.
- Introducció de Increments/Decrements per al Mode Inc./Dec.
- Presentació dades actuals de la xarxa elèctrica i la càrrega.
- Presentació d'alarmes en Modes Límits i Inc./Dec.

Les temporitzacions i les pantalles gràfiques de seguiment estan desactivades, ja que el que es considera rellevant es el mes amunt exposat.

### 4.3.1 DIAGRAMA DE BLOCS

Degut a la idiosincràsia del llenguatge de programació es fa difícil de descriure el programa del control remot, no oblidem que Visual Basic es un llenguatge orientat a objectes i conduït per events, el que fa que no tingui una seqüència concreta de funcionament, fora es clar del codi intern de una subrutina concreta. Per tant per descriure el programa i el diagrama per blocs, es parteix del suposat que ja s'ha introduït una adreça IP de host remot, i s'ha establert una comunicació efectiva entre Pc i VC



**Figura 31.**

Un cop s'ha establert un canal de comunicació amb el VC immediatament aquest comença a enviar dades cap al PC en un protocol establert que serà exposat mes endavant.

En el moment en que en el socket declarat al programa es detecta entrada de dades, es dispara un event de rebuda que condueix el fluxe de dades a la subrutina de tractament que prepararà les dades per la seva explotació.

El tipus de dada rebuda i a tractar serà un String de longitud variable que estarà format per:

- Byte de header. Hi hauran varis bytes diferents que implicaran que les dades que el segueixen, son d'un tipus o un altre.
- Varis bytes(String de longitud variable), que contindran dades diferents en funció del header.
- Byte de checksum que confirmi la exactitud de dades rebudes.

Sempre existeix un flux de dades en un interval concret, així, si per exemple no es produeix mai cap alarma, cada segon(temps per defecte), i un cop s'ha efectuat una lectura de la xarxa, s'envia una trama que contindrà totes les dades de la xarxa. Si per el contrari es produeix una alarma, s'intercalaran dues trames, la primera serà la trama de alarma amb un byte de header diferent, i la segona la de las dades de la xarxa, , i per complir amb el temps prefixat, s'enviaran cada ½ segon, de manera que el usuari veurà el refresc en el mateix temps, però amb la informació d'alarmes inclosa.

En el moment d'arribada, cada trama serà tractada en funció del seu header, i derivada en la presentació, i emmagatzematge que li pertoqui.

Per norma habitual fora de que es vulgui canviar un mode de funcionament del VC, el flux serà quasi sempre de VC a Pc. Sols quan l'operador vulgui canviar el mode, o un timer, o silenciar una alarma, o parar la unitat, es produirà un flux de Pc cap a VC

Cada cop que es vulgui canviar de mode de funcionament, es reiniciaran tots els fitxers interns i gràfiques de funcionament si estan activades, així mateix s'esborraran els events disparats i dades guardades en el VC relatives a aquests events. Tot aquest tipus de funcionalitats queden reservades per a les versions superiors del VC



Tota dada a ser enviada cap el VC (Figura 23.) serà preparada per ser enviada a través de una subrutina de enviament de dades. Al igual que en la rebuda, les dades a enviar aniran precedides d'un header que identificarà el tipus de dada que el segueix.

El tipus de dada enviada i a tractar per el VC serà un String de longitud variable que estarà format per:

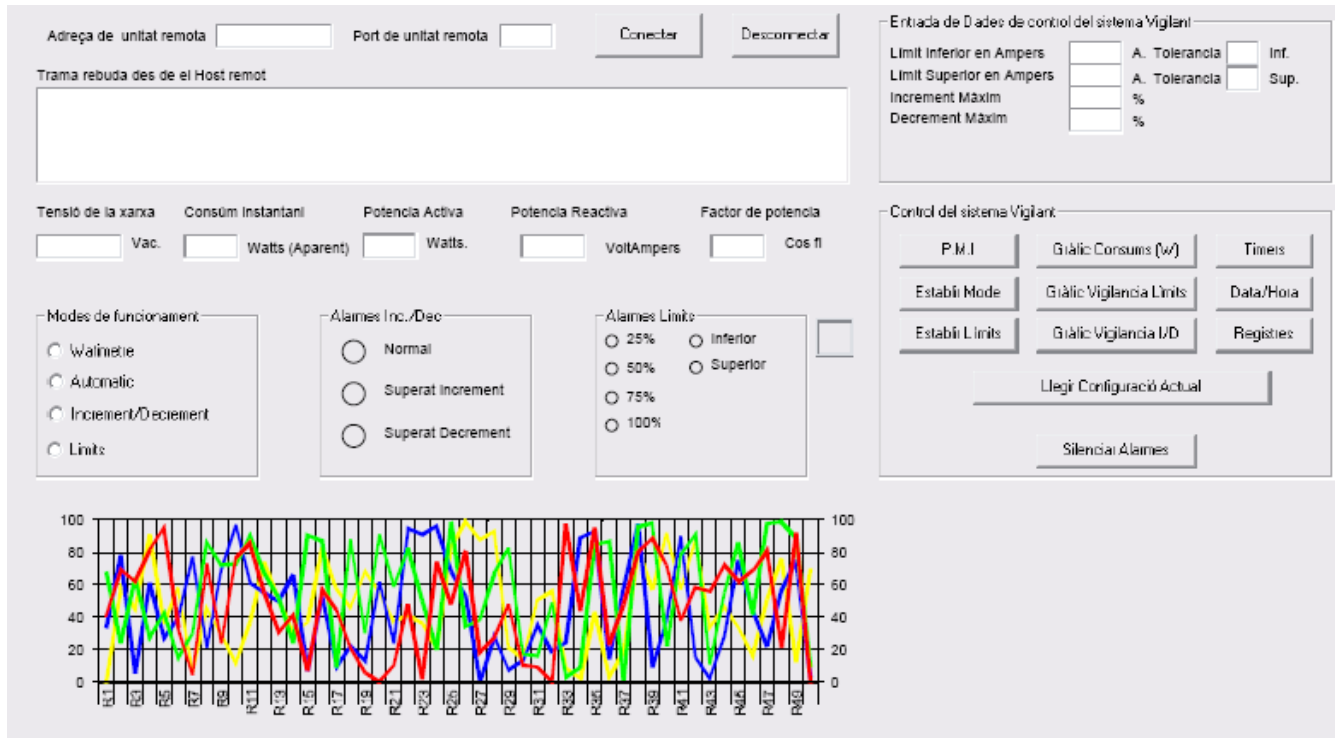
- Byte de header. Hi hauran varis bytes diferents que implicaran que les dades que el segueixen, son d'un tipus o un altre.
- Varis bytes(Strings de longitud variable), que contindran dades diferents en funció del header.
- Byte de checksum que confirmi la exactitud de dades.

Es important aclarir que el VC mentre està reben dades, no efectua cap operació, ja que es troba dins d'una rutina de interrupció, que fins que no es atesa per complert, no retorna a el punt a on estava executant. Per tant es lògic pensar que durant el poc temps de rebuda de dades, no se efectua cap lectura de la xarxa sigui quin sigui el estat que presenti.

### **4.3.2 DESCRIPCIO DE LES PARTS DEL PROGRAMA DE CONTROL REMOT DEL VIGILANT**

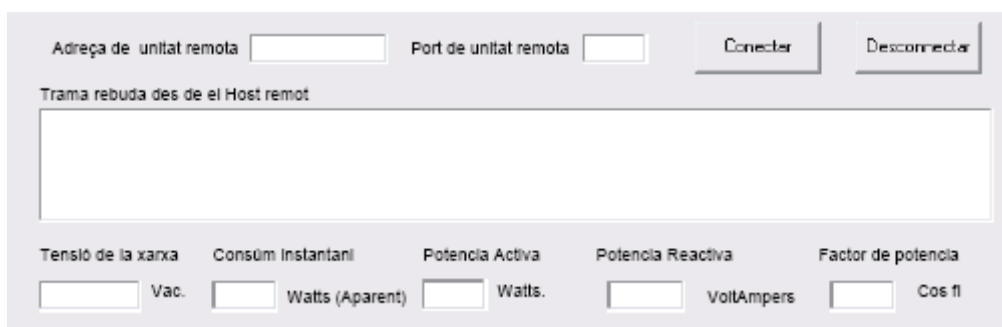
En la següent figura es pot veure un *ScreenShoot* del programa de control del VC  
Com es pot observar, gaire bé tots els controls i comanaments principals, es troben en una sola pantalla.

Això es així per tal d'intentar faiclitar la feina del operador, i la comprensió de funcionament.d'una altre banda, no existeix més complexitat en el VC que la que es presenta en pantalla, amb el qual s'intenta que el funcionament sigui mínimament intuïtiu.



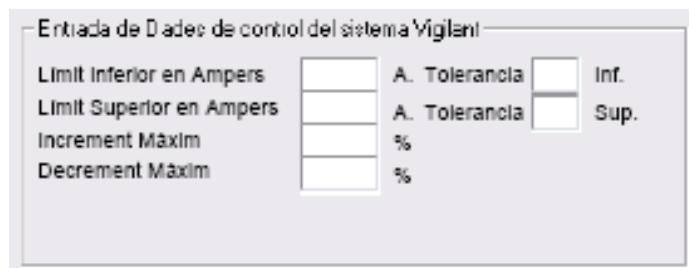
**Figura 32**

Si es mira amb deteniment la pantalla, es veu que tots el controls estan agrupats en 6 grans parts, en la superior esquerra es troben els controls per introduir la adreça i port remot del VC amb el que es vol connectar/desconnectar, una finestra d'inspecció de dades rebudes des de el VC, i 5 petites finestres de presentació de dades de xarxa elèctrica.



**Figura 33.**

Existeix un segon grup a la part dreta superior, en el qual s'introdueixen en les finestres els límits desitjats de ser vigilats, les seves toleràncies i els increments o decrements a vigilar.

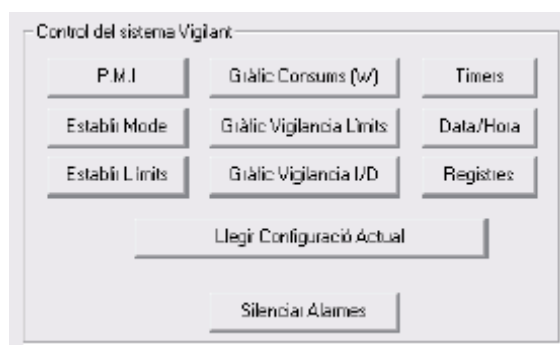


Entrada de Dades de control del sistema Vigilant

Limit Inferior en Ampers	<input type="text"/>	A. Tolerancia	<input type="text"/>	Inf.
Limit Superior en Ampers	<input type="text"/>	A. Tolerancia	<input type="text"/>	Sup.
Increment Màxim	<input type="text"/>	%		
Decrement Màxim	<input type="text"/>	%		

**Figura 34.**

Just immediatament a sota hi ha un grup d'eines de control del VC que ens permet controlar el mode de funcionament, o entrar a la finestra d'establiment de timers, o manegar els gràfics que es presenten en pantalla, així com silenciar les alarmes.



Control del sistema Vigilant

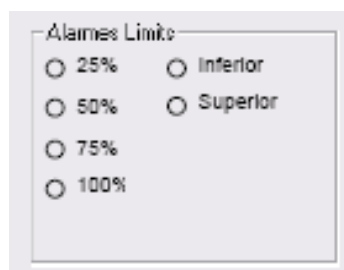
P.M.I.	Gràfic Consums (w)	Timers
Establir Mode	Gràfic Vigilancia Límits	Data/Hora
Establir Límits	Gràfic Vigilancia I/D	Registes

Llegir Configuració Actual

Silenciar Alarmes

**Figura 35.**

A l'esquerra d'aquest quadre es troba un quadre de presentació d'alarmes, a on es mostra el percentatge de superació de límits i el sentit.

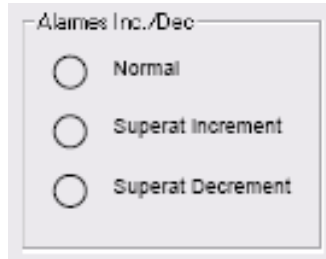


Alarmes Límits

<input type="radio"/> 25%	<input type="radio"/> Inferior
<input type="radio"/> 50%	<input type="radio"/> Superior
<input type="radio"/> 75%	
<input type="radio"/> 100%	

**Figura 36.**

A l'esquerra del anterior, es troba la presentació de les fallades de Increments/Decrements, que a mida es superin, anirà canviant de color, junt amb informació del mateix presentada al la finestra de presentació de dades.



**Figura 37.**

Per últim i al costat de l'anterior, està el quadre de selecció de mode de funcionament, d'entre els quatre ja coneguts.



**Figura 38.**

Com ja s'ha comentat, es busca que el programa sigui el menys complex possible, el màxim d'intuïtiu, i que tots els controls i informacions estiguin a un cop d'ull unes de les altres.

Protocol de comunicacions entre VC i el programa de control remot.

Sentit VC cap a Pc:

- Byte de Header.

Com s'ha dit, identifica el tipus de dades que el segueix.

- 200 Header que implica que el següent string conté dades de xarxa elèctrica.
- 210 Header que implica que el següent string conté condicions d'alarma de límits
- 220 Header que implica que el següent string conté condicions d'alarma de Inc./Dec
- 230 Header que identifica els següent string conte la configuració del sistema
- 240 Header que identifica els següent string conté dades de restabliment de alarmes en general.
- 255 Header unic de confirmació de rebuda de dades lliure de errors.

- Format de les dades enviades.

Totes les dades son enviades en codi ASCII, i son strings amb una longitud màxima de 255 bytes, dels quals un cop rebuda la trama, s'extreuen les dades per posicionament de les mateixes, que mai varia, es dir en la següent trama per exemple.

200 1.983 0.07932 0.98 219.2 CRC

Es té un string de de longitud fixada en el qual es troba:

- Posició 0 del string: Header d'identificació.
- Posició 4 del string: Ampers consumits actualment.
- Posició 10 del string: Mv corresponents al Ampers consumits que ha llegit el VC
- Posició 18 del string: Cosinus de fi detectat.
- Posició 23 del string: Tensiò actual de la xarxa.
- Posició 29 del string: Byte de checksum de control de errors

Aquest esquema es anirà repetint amb el resta de possibles missatges, i es d'aquest string, d'on el programa de control extreu les dades que tracta i presenta.

## 5. PRESSUPOST DEL PROJECTE

A fi de poder valorar correctament el desenvolupament del projecte, s'estableixen les següents tasques que s'hauran de complir en el temps, o inclòs millorar-les si es possible, i que conformen tot el temps total i cost de desenvolupament del projecte del VC

### **Anàlisi de mercat:**

Obtenció de dades sobre la competència actual i el futur segment de mercat assolit.

### **Cerca informació parts vitals:**

Obtenció de totes aquelles dades imprescindibles sobre els components que ens faran falta per desenvolupar el projecte

### **Desenvolupament esq. M.Board del VC:**

Desenvolupament de els esquemes electrònics de la placa principal del Vigilant de Càrregues, que donarà servei a la placa de presentació i botonera, i a la placa de comunicacions amb el mon exterior.

### **Desenvolupament esq. Disp.+Bot.:**

Desenvolupament dels esquemes de la placa que contendrà un display gràfic de visualització, i una botonera de selecció i navegació per menús, així com led's de visualització d'estats.

### **Desenvolupament Soft. M.Board:**

En funció de les funcionalitats que s'otorguen a la placa mare, es desenvoluparà el soft de control del microcontrolador de la placa mare.

### **Desenvolupament Soft. Disp.+Bot.:**

Desenvolupament dels programes de control del display gràfic, botonera i led's.

### **Integració Soft M.Board + Display:**

Un cop desenvolupats el programes, s'hauran d'integrar protocols de comms. bidireccionals entre les dues plaques, que inclouran la selecció i presentació de dades i configuracions del Vigilant.

### **Desenvolupament Primer prototipus:**

Obtenció del primer mitjà físic per començar a fer proves, avaluacions i obtenció de característiques dinàmiques de funcionament.

### **Depuració tots programes de micros:**

Posta a punt final dels programes dels dos micros involucrats en el disseny (MB i DISP+BOT), comprovació dels protocols de comms, traspasament de dades i proves de programació remota (Bootloader).

**Desenvolupament esq. Comms externes:**

Desenvolupament del esquema de la placa de connexions amb el món exterior, de manera que permeti que remotament es pugui obtenir dades, reprogramar el Vigilant, i monitoritzar en temps real l'activitat.

**Desenvolupament de Suite de control V.Basic:**

Desenvolupament de un programa de control remot, que permetrà de configurar, operar, monitoritzar i extreure dades en temps real, del Vigilant, o Vigilants connectats.

**Integració comms. +Hard. +Soft +Suite de Control:**

Un cop la operativitat bàsica del programa ha estat establerta, caldrà que el integrem amb tot el resta de fluxos de programa que intervenen en el vigilant a controlar, el que significa sincronitzacions, intercanvi de dades, accés remot a micros, etc..

**Obtenció del prototipus final:**

Amb totes les passes fetes fins ara, podrem obtenir un prototipus definitiu i absolutament representatiu de tot el Hard i Soft que comporta el projecte.

**Depuració final Suite + Vigilant:**

Es portarà al límit totes les característiques del soft (gràfics, comms, emmagatzematge de dades, etc...), i les del Vigilant (capacitats de càlcul, memòries internes, rellotges, conversions, interrupcions, etc...) de manera que confirmem que no existeixen ni fallades de cap programa, ni fallades del Hard construït, que necessiten de ser re-dissenyades a última hora.

**Integració en envolcall exterior:**

Es referirà a la última fase de hard del projecte, que serà la integració de la electrònica del Vigilant (acomodació, col·locació del cablejat intern i components) en la caixa en que s'entrega com a producte final.

**Muntatge de prototipus finals.**

Obtenció de 2 prototipus i 25 unitats de demostració per poder servir a possibles clients finals.

**Confecció de manuals operatius:**

Redacció dels manuals operatius i de configuració del aparell i el software de control remot.

**Resum de les hores pressupostades per a la confecció del projecte.**

<b>1- Anàlisi de mercat</b>	<b>32h.</b>
<b>2- Cerca informació parts vitals</b>	<b>40h.</b>
<b>3- Desenvolupament esq. M.Board</b>	<b>69h.</b>
<b>4- Desenvolupament esq. Disp.+Bot.</b>	<b>13,65h</b>
<b>5-Desenvolupament Soft. Placa Mare</b>	<b>140h.</b>
<b>6-Desenvolupament Soft. Disp. + Bot.</b>	<b>70h.</b>
<b>7-Integració Soft P.Mare + Display</b>	<b>50h.</b>
<b>8-Desenvolupament primer prototipus</b>	<b>36,74h.</b>
<b>9-Depuració programes micros</b>	<b>70h.</b>
<b>10-Desenvolupament esq. Comms ext.</b>	<b>42,67h.</b>
<b>11-Desenvolupament Suite de Control</b>	<b>115h.</b>
<b>12-Integració comms+hard+soft+SC</b>	<b>80h.</b>
<b>13-Obtenció prototipus final</b>	<b>114,29h.</b>
<b>14-Depuració final Suite + Vigilant</b>	<b>56h.</b>
<b>15-Integració envolcall exterior</b>	<b>40h.</b>
<b>16-Montatge de prototipus final</b>	<b>16h.</b>
<b>17-Confecció manuals operatius</b>	<b>200h.</b>

<b>17 ACTIVITATS</b>	<b>Temps d'execució.</b>	<b>103 DIAS(1)</b>
----------------------	--------------------------	--------------------

(1) Tenint en compte un calendari laboral de 6 dies de treball a la setmana x 8 hores efectives.



**Cos del Pressupost:**

<b>CONCEPTE</b>	<b>COST UNITARI</b>	<b>UNITATS</b>	<b>TOTAL</b>
Analisi de mercat	1.600,00 €	1	1.600,00 €
Cerca informació parts vitals	2.000,00 €	1	2.000,00 €
Desenvolupament esq. M.Board	3.450,00 €	1	3.450,00 €
Desenvolupament esq. Disp.+Bot.	682,5 €	1	682,5 €
Desenvolupament Soft. M.Board	7.000,00 €	1	7.000,00 €
Desenvolupament Soft. Disp.+Bot.	3.500,00 €	1	3.500,00 €
Integració Soft M.Board + Display	2.500,00 €	1	2.500,00 €
Desenvolupament Primer prototipus	1.837,00 €	1	1.837,00 €
Depuració tots programes de micros	3.500,00 €	1	3.500,00 €
Desenvolupament esq. Comms externes	2.133,5 €	1	2.133,5 €
Desenvolupament Suite Control	5.750,00 €	1	5.750,00 €
Integració comms. + Hard. + Soft + SC	4.000,00 €	1	4.000,00 €
Obtenció prototipus final	5.714,5 €	1	5.714,5 €
Depuració final Suite + Vigilant	2.800,00 €	1	2.800,00 €
Integració a envolcall exterior	2.000,00 €	1	2.000,00 €
Muntatge de prototipus final	800,00 €	1	800,00 €
Confecció de manuals operatius	10.000,00 €	1	10.000,00 €
<b>SUBTOTAL:</b>			<b>59.267,5 €</b>
<b>CONSTRUCCIO VC's:</b>	485,27 €	25	<b>13.102.53 €</b>
<b>TOTAL GENERAL (2):</b>			<b>72.370,03 €</b>

(2) Tenint en compte una mitjana de 50€ de cost d'hora d'enginyeria.

S'ha de tenir en compte el següent, Es busca un baix cost de producció por unitat, que permeti un marge de negoci de més del 60%-65%, de manera que permeti incloure - el amb facilitat en els canals normals de distribució tot i tenint en compte els preus de mercat de la competència, i sigui per a ells una oportunitat de negoci atractiva (La distribució ha de contar amb un marge mínim del 25% al 35%) que faci que no el deixin arraconat.

Per un altre banda, qualsevol marge por sota del 60% per a un fabricant posarà en perill el llançament de un producte d'aquest tipus, a menys que es dediqui el propi fabricant a la comercialització al client final, tema perillós i feixug.

Si es contempla també els costos de producció de pcb's, muntatge i transport en general des de proveïdor a client final(cost mitja), es te d'incloure un 9,3% de càrrecs per producció de pcb's i muntatge, i aproximadament sobre el 4,5% en concepte de transport.

L'empaquetat de producte i confeccionat(impressió) de manuals resultarà en un 5% mes d'increment amb tot el qual el preu final de venta al públic s'establirà en:

Cost de components:	215€
Increment per producció de pcb's i muntatge	19,99€
Increment per transport en general	9,67€
Increment per empaquetat i manuals	10,75€
 Subtotal general	 255,4€
 Marge comercial (90% sobre 255.4€)	 229,86€
 Total general (Sense impostos)	 485,27€

S'estima que es una aproximació de preu bastant exacta després d'haver consultat amb varis proveïdors de transports, packaging, tallers d'impressió, i fabricants de pcb's.

Per una altre banda situa el VC en una bona posició respecte de la competència, en funció de les característiques aportades. Si es pensa en els aproximadament 800€ que costa el PM800 de Merlin Gerin, o en els gaire bé 500€ del LC-2500 de Cirprotek, el VC es una molt bona opció de producte comercial.



## 6. CONCLUSIONS I VALORACIONS DELS RESULTATS OBTINGUTS

El VC ha sorprès gratament. No sols ha complert amb les especificacions, si no que com es pot veure en el Annex 3, compleix perfectament amb les condicions especificades en quant a precisió i repetibilitat del sistema.

Ha estat força difícil de posar en funcionament, sobre tot degut als desacoblaments de les alimentacions dels components. Ha estat necessari fer una profunda feina al respecte, inclòs en extrems de cablejats, a on en principi no hi fa falta.

El funcionament del microcontrolador ATmega16 es extraordinari, es estable, robust, no té auto - oscil·lacions, suporta males accions com inversions de tensió i sobretensions (dins d'un límit, es clar), la seves capacitats de I/O i memòries, permeten junt a d'altres components, de tenir uns costos de desenvolupament i producció reduïts. És un micro, que dona una profunda confiança en el seu ús, i que no deixa dubtes quan alguna part no funciona, de que no està fallant ell, serà el programa, serà un component associat, o qualsevol altre cosa, però no ell. Encara no s'ha detectat en totes les proves efectuades, i són moltes, que falli una part del micro en concret, o el bus I2C, o un sol pin de I/O, o l'exactitud d'un timer o la escriptura en memòria, res de res.

Compleix perfectament amb la màxima de "O va, o no va", que en aquest cas ha estat "va", però no hi ha funcionaments a mitjes.

El compilador de Basic, Bascom també ha estat de gran ajuda, potent en les ordres, eficaç en la traducció a codi natiu, i una ampla varietat de funcions, que assoleixen al màxim les capacitats del ATmega16.

Per finalitzar, cal dir que el resta de components han actuat dins de les especificacions de fabricant. Cosa que ha evitat tenir de buscar alternatius, o més informació al respecte del funcionament d'ells, i que ha permès de mantenir el desenvolupament del projecte dins dels marges de temps i costos establerts.

En general no s'han observat funcionaments anòmals del tipus, mesures disperses amb la mateixa càrrega, o ampla dispersió dins de la pròpia mesura. Els marges d'oscil·lacions que es poden apreciar en lectures consecutives, no van més enllà de pocs mA. Quan parlem de càrregues petites és un factor molt crític el que la mesura oscil·li per sobre 5 o 10 mA, ja que implica que el ADC està variant la seva sortida entre 2 i 5 mV, quan té un LSB de 5uV.

El que ha donat més problemes ha estat les comunicacions entre el programa de control remot, i el VC, el format de comunicacions ha anat variant de ASCII a Binari, i viceversa, degut a la naturalesa de les dades a transmetre, i això ha estat feixug de solucionar.

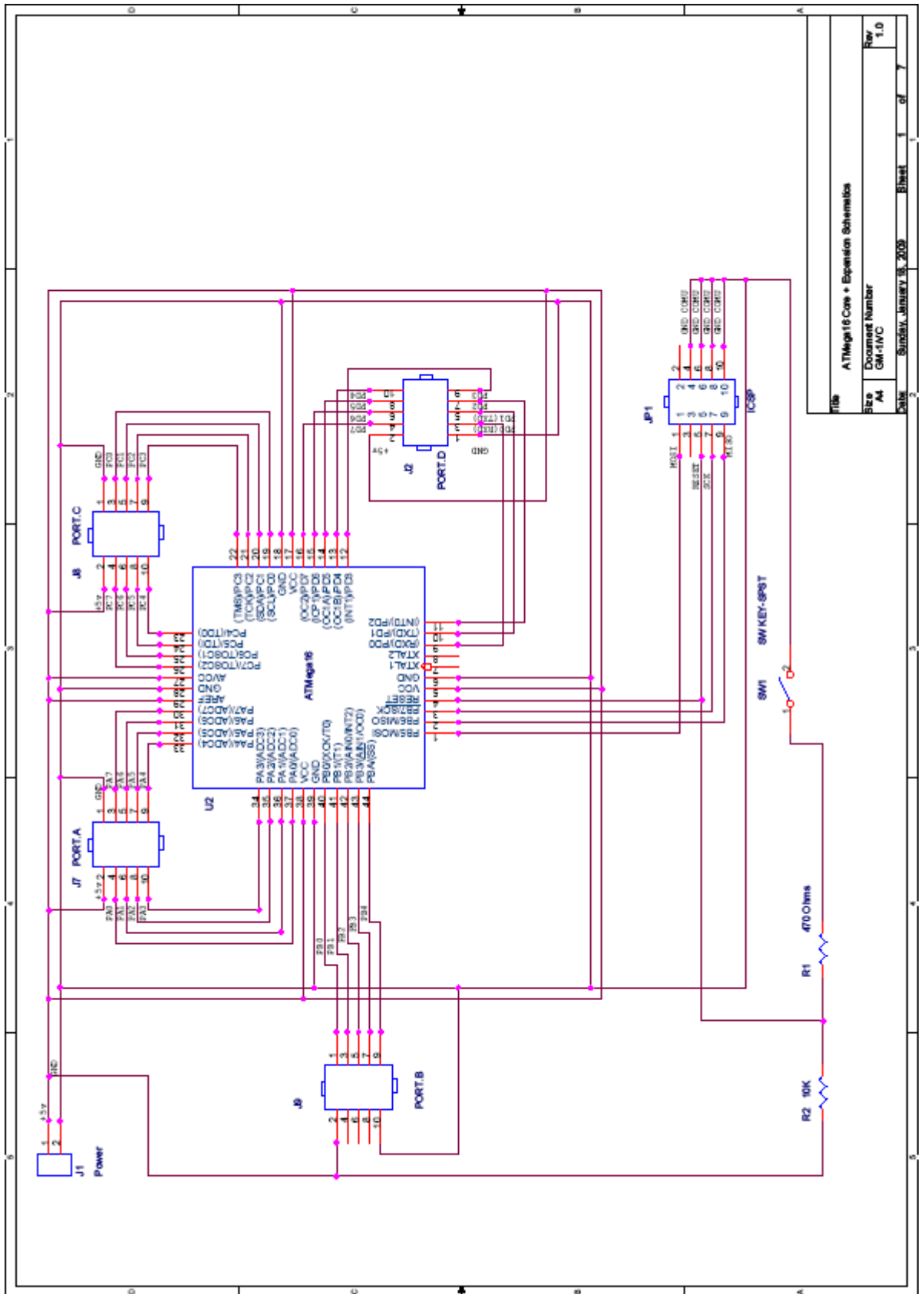
En definitiva s'està força satisfet de que en el poc temps del que es disposa, s'hagi pogut desenvolupar per complert el VC, i el seu petit programa de control.



## 7. PLÀNOLS I ESQUEMES

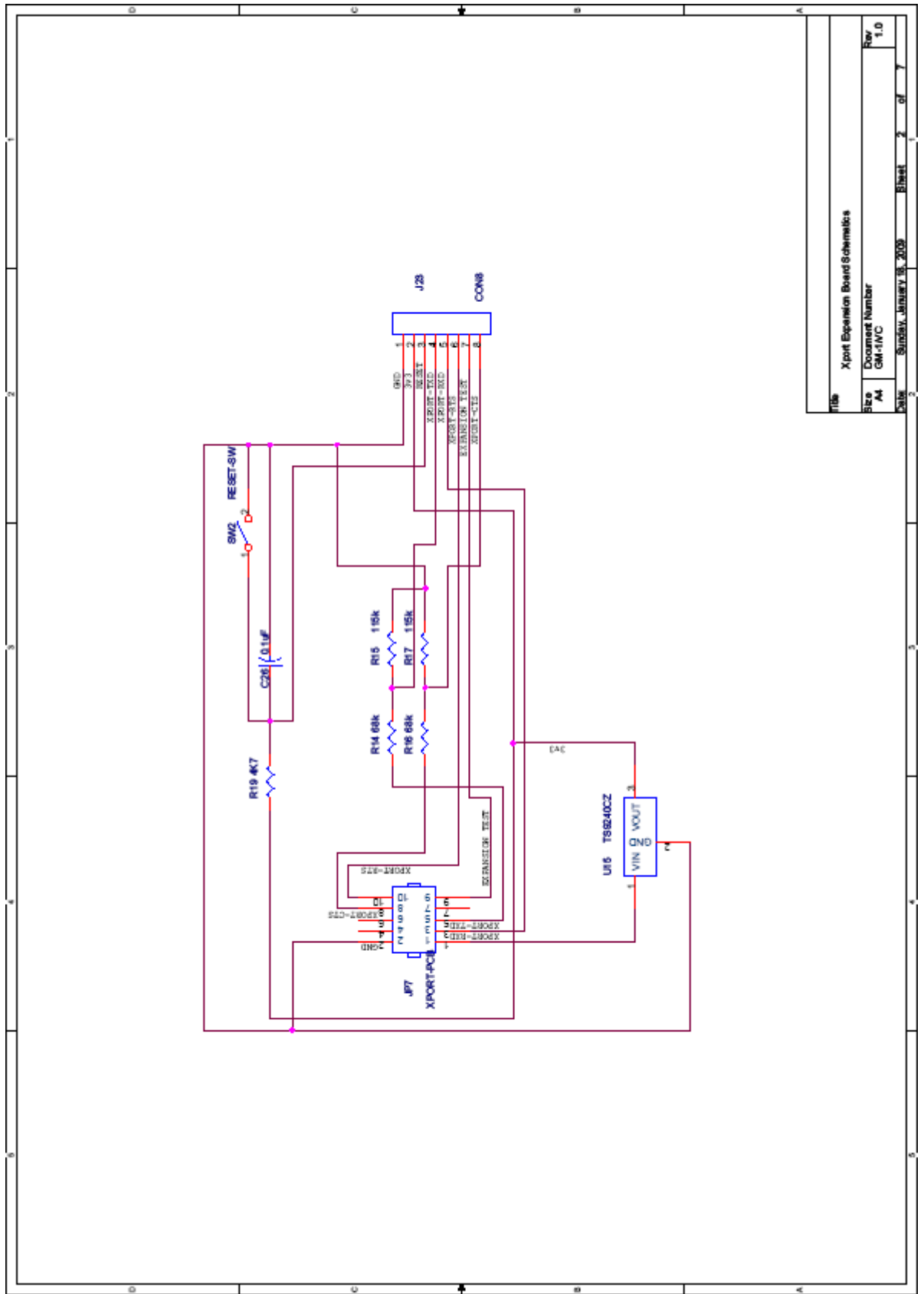
A continuació i per aquest ordre s'hi inclouen els diferents plànols i esquemes del projecte.

- Esquema del nucli principal de control del VC
- Esquema del mòdul de comunicacions RS232-Etehrnet integrat.
- Esquema del mòdul principal de suport a les plaques de sensat de I i V.
- Esquema del mòdul de sensat de I.
- Esquema del mòdul de sensat de V.
- Esquema del mòdul de divisors de senyal.
- Esquema del mòdul de comunicacions PLC.
- Esquema de les fonts d'alimentació.  
(Per la seva simplicitat, ja ha estat descrit en la memòria).
- Connexions del VC amb la xarxa elèctrica i càrrega a controlar.



Title		ATmega16 Core + Expansion Schematics	
Size	Document Number	Rev	
A4	GM-11VC	1	1.0
Date	Sunday, January 18, 2009	Sheet	1 of 7

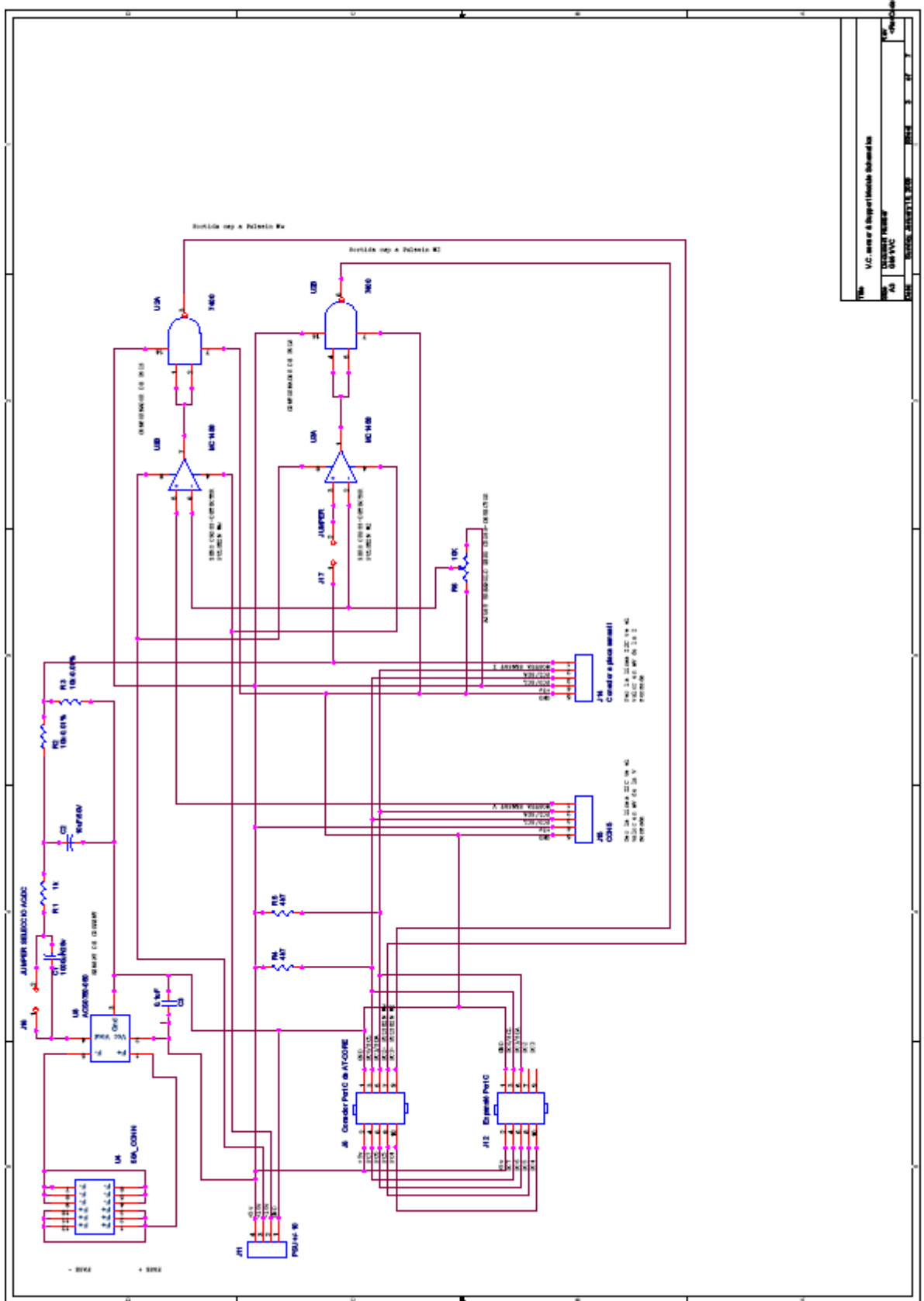
Esquema del nucli pral. del VC



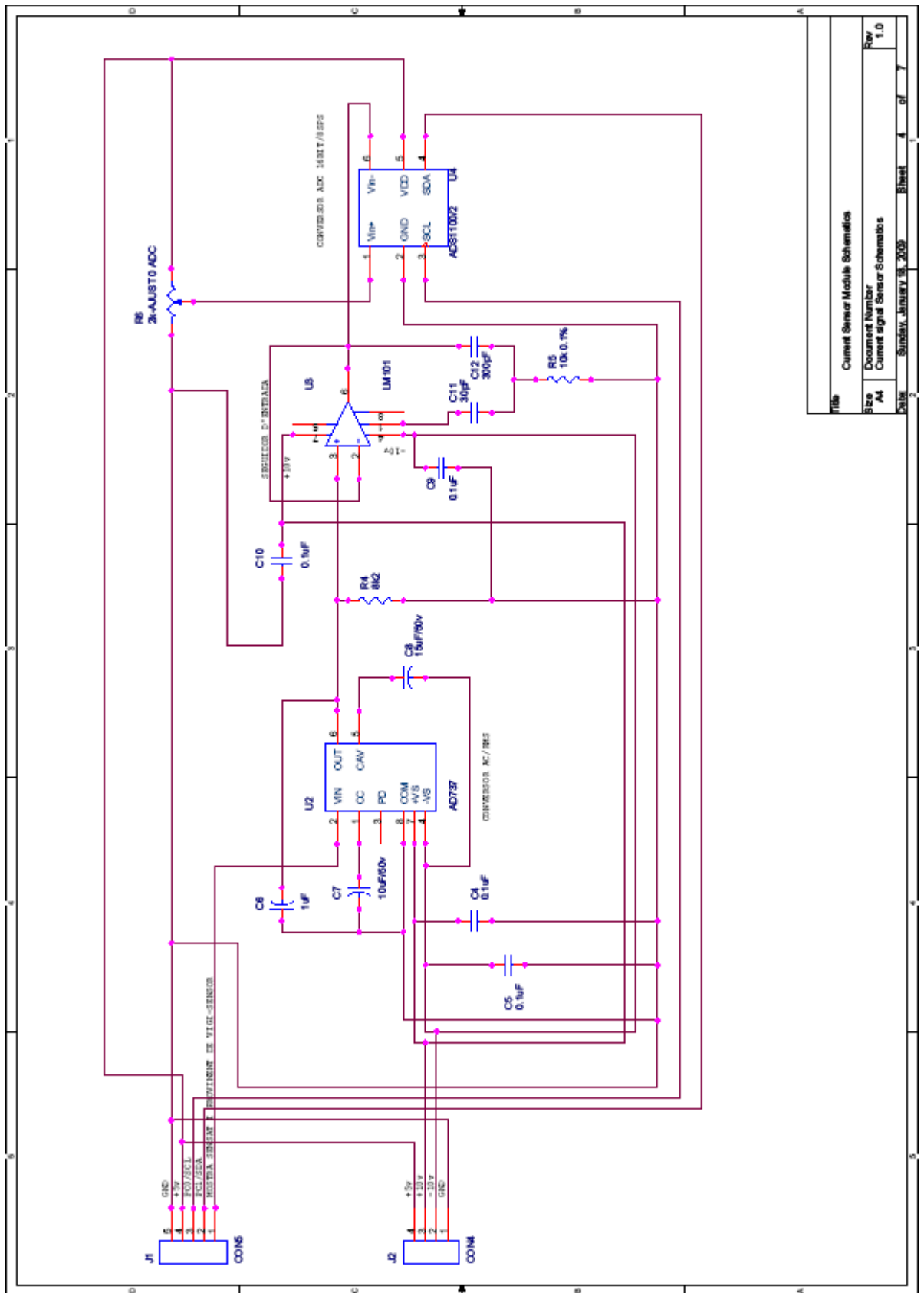
Title		Xport Expansion Board Schematics	
Size	A4	Document Number	GM-11VC
Scale	Standard	Issue	1 of 1
Sheet	2	Rev	1.0

Esquema de la placa d'expansió de comunicacions Ethernet.



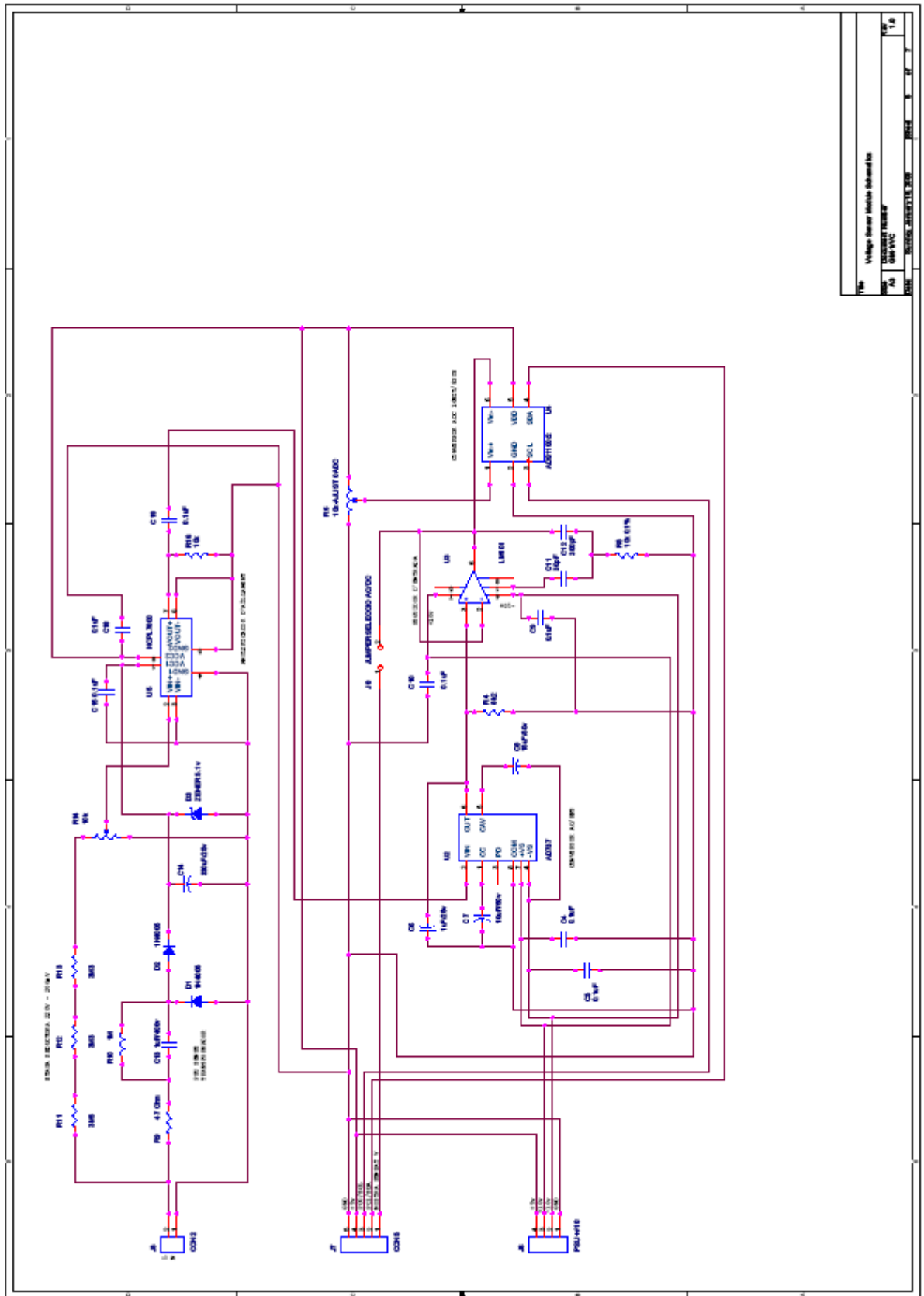


Esquema de la placa de suport a les etapes de sensat de I i V, i de connexió a xarxa elèctrica.



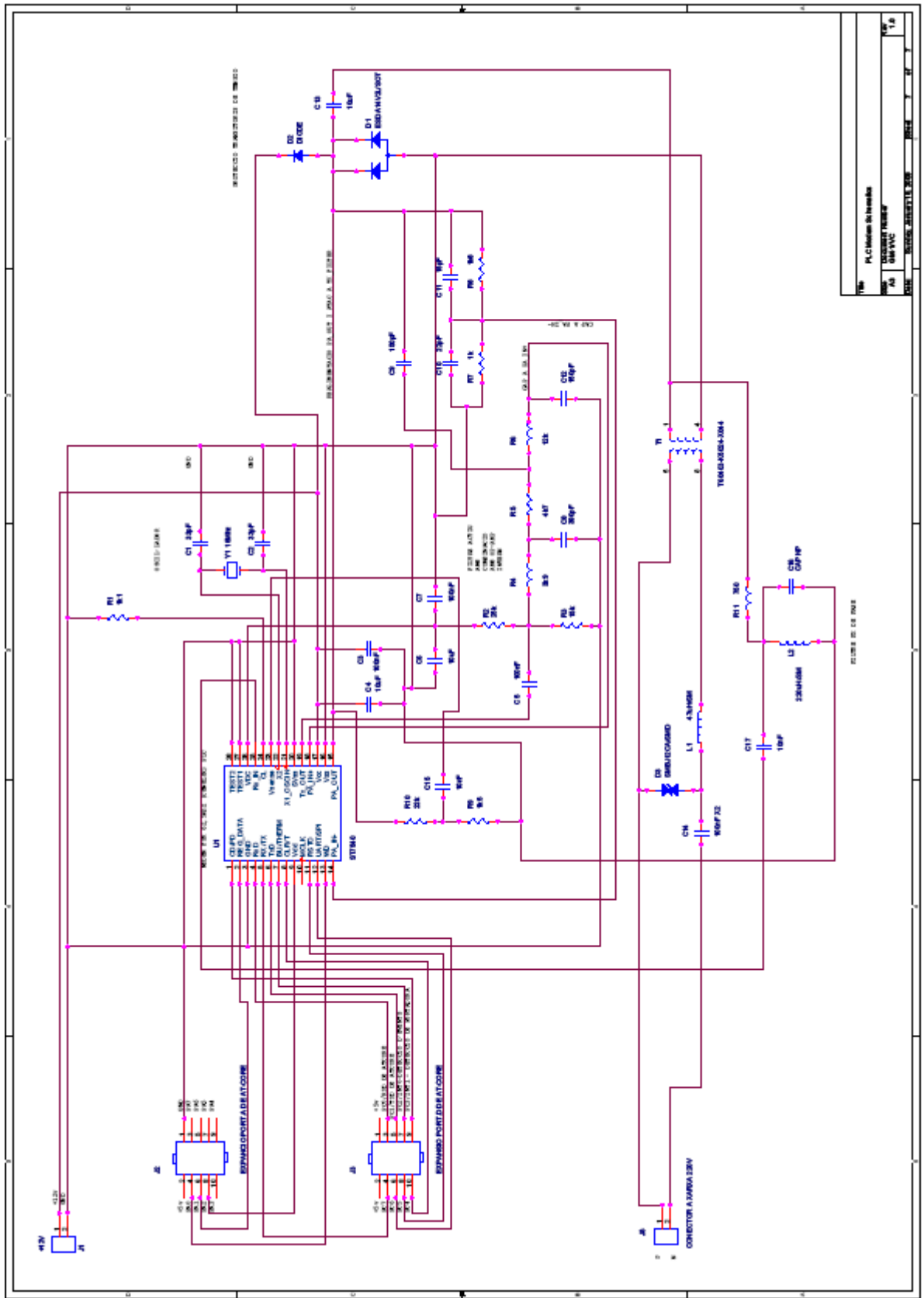
Title		Current Sensor Module Schematics	
Size	AA	Document Number	Current Signal Sensor Schematics
Date	Sunday, January 8, 2009	Sheet	4 of 7
Rev	1.0		

Esquema de la placa de sensat de I

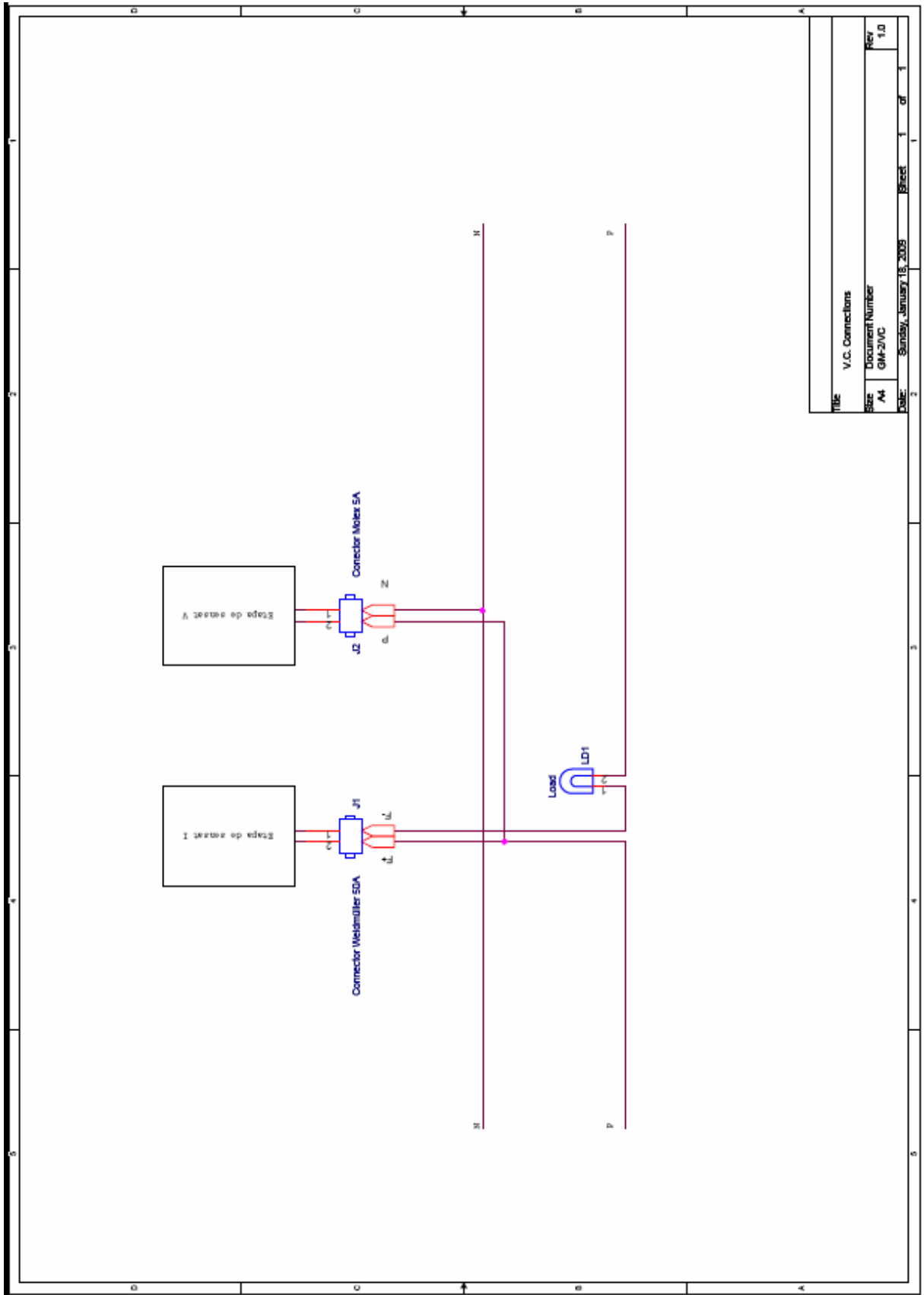


Esquema de la placa de sensat de V.



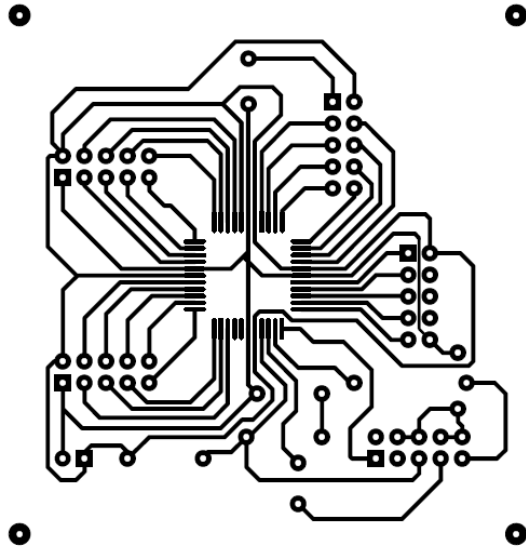


Esquema del mòdem de comunicacions PLC

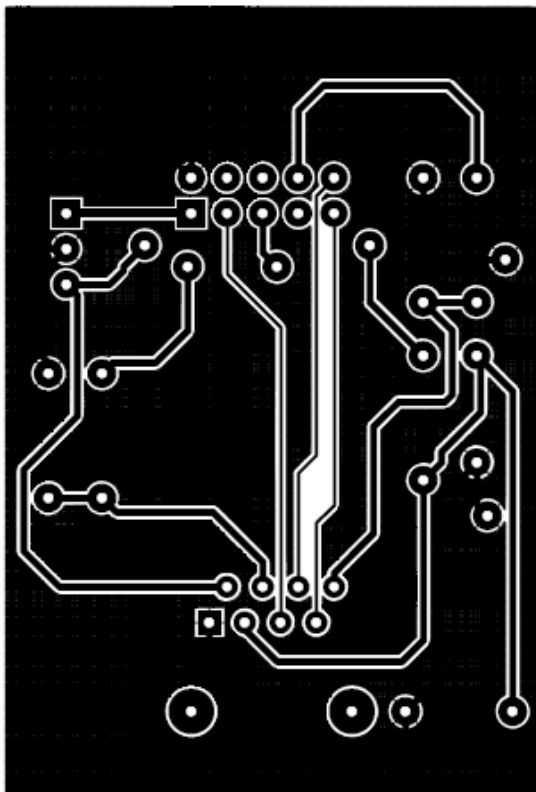


Esquema de connexions del VC

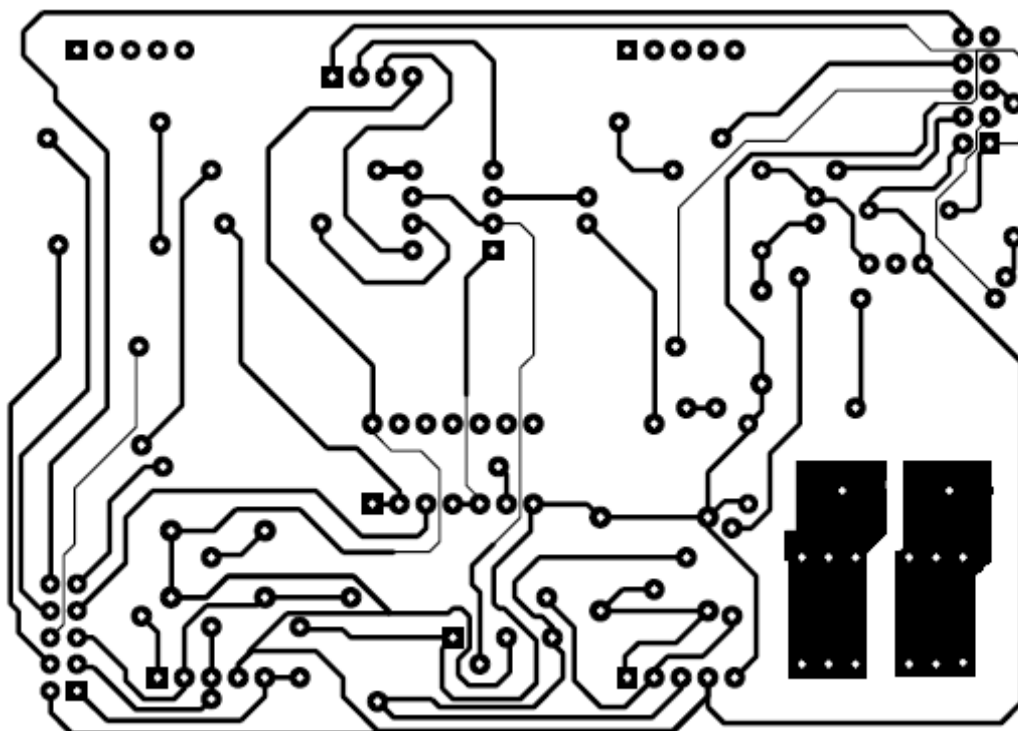
Plaques desenvolupades:



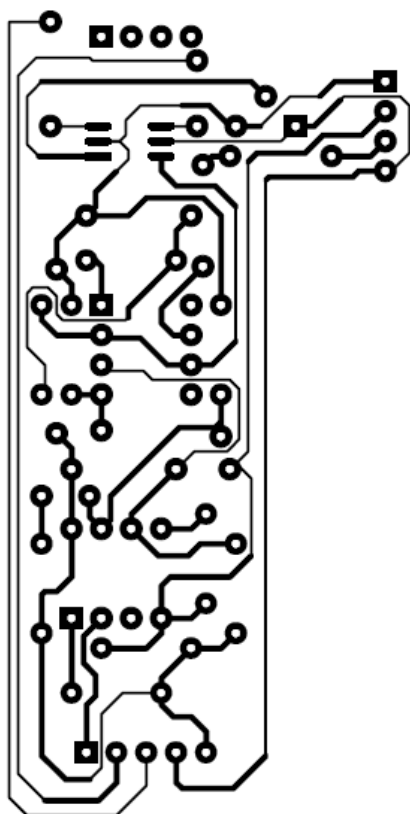
Placa del nucli del sistema a on s'allotja el microcontrolador ATmega16



Placa de la interfície de comunicacions RS232-Ethernet, a on s'allotja el mòdul Xport-03 de Lantronix

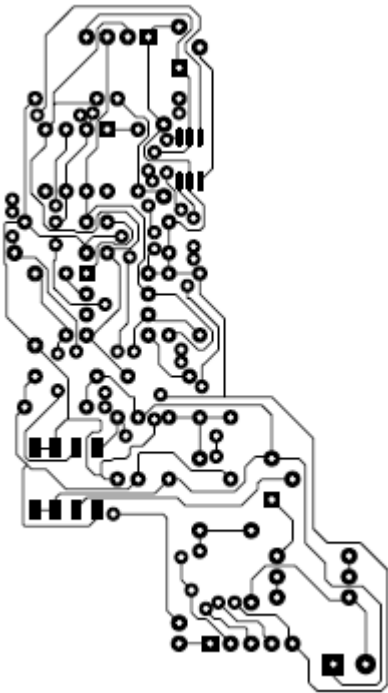


Placa del mòdul de suport a les etapes de sensat de I i V,i de connexions a xarxa elèctrica.

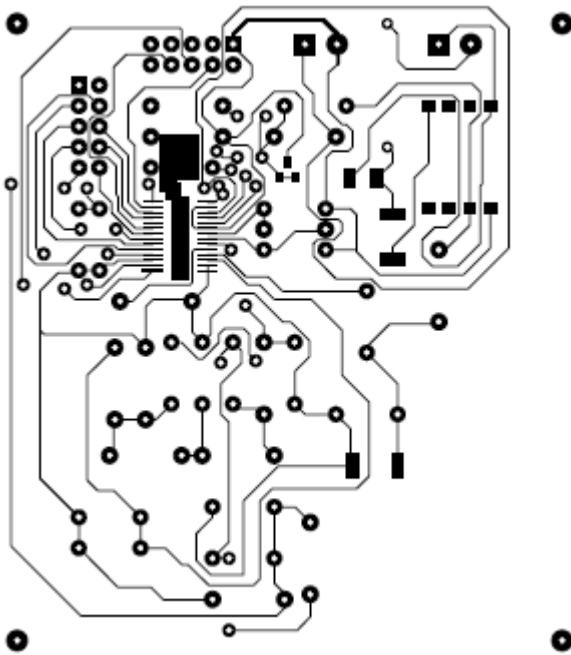


Placa de la etapa de sensat de I

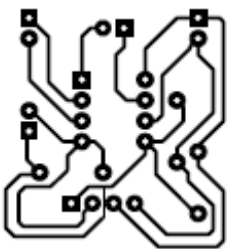




Placa de sensat de V de la xarxa elèctrica.



Placa del mòdem PLC.



Placa de les fonts de +/-10V.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

### Referències bibliogràfiques

Stan D.Souza, *Transformerless Power Supply*, EE.UU Arizona, Microchip Technology Inc., 2000

Agilent Technologies incorporated, *HCPL7800 datasheet*, EE.UU. Santa Clara, California, December 09, 2003

Atmel Corporation, *ATmega16 Datasheet*, EE.UU. San Jose, California, 2006

L.Lytle, *LM101AJAN Datasheet*, National Semiconductor Corporation, EE.UU. Santa Clara, California, January 1, 2006

Analog Devices Inc., *AD737 Datasheet*, EE.UU. Norwood, Rev. E July, 2006

Burr-Brown - Texas Instruments Incorporated, *ADS1100 Datasheet*, 2006

Maxim-Dallas Semiconductor, *MAX680-MAX681 datasheet*, Sunnyvale, California, 1986

Texas Instruments Incorporated, *uA741,uA741y General-Purpose Operational Amplifiers*, September, 2000

Dr. Andreas P. Friedrich, *MagnetoResistive Hall Effect Sensors*, Sensitec Incorporated, May, 2006

Phillips Semiconductor Linear Products, *MC/SA1458/MC1558 General Purpose Operational Amplifier*, August 31, 1994

Allegro MicroSystems Inc. *Current Sensor ACS0750xCA-050*, EE.UU Worcester, Massachussets, Rev. 6, 2004-2005



## 9. CONTINGUT DEL CD

- Memòria Descriptiva del Vigilant de Consums.
- Fitxers en format \*.sch i \*.max del projecte (formats de Orcad y Layout versió 10.1)
- Annex 1. Datasheets de fabricants.
- Annex 2. Llistats de software i firmware del projecte del VC
- Annex 3. Mesures efectuades per confirmar les especificacions del projecte.
- Annex 4. Opció implementada de comunicacions PLC presentada.