

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

Títol: Sensorització ambiental del laboratori del grup EXIT

Document: 1. Memòria

Alumne: Rubèn Almansa Pastor

Tutor: Dr. Joaquim Melendez Frigola

Departament: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

Àrea: Enginyeria de Sistemes i Automàtica

Convocatòria (mes/any) : juny / 2017

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	3
1.1 Antecedents.....	3
1.2 Objecte	4
1.3 Especificacions i abast	4
2. ESTRUCTURA DEL SISTEMA	6
2.1 Nodes	6
2.1.1 Distribució	7
2.2 Adquisició i comunicació	8
2.3 Gestió de les dades	8
3. SENSORITZACIÓ	10
3.1 Preàmbul	10
3.2 Temperatura seca	11
3.2.1 Sensors	11
3.2 Humitat Relativa	12
3.3 Nivell de CO ₂	13
3.3.1 Sensor	13
3.4 Quantitat i tràfic de persones.....	15
3.5 Contacte de finestres i portes.....	16
3.6 Lluminositat	16
3.6.1 Sensors	18
3.7 Soroll ambient.....	19
3.7.1 Sensor	19
3.8 Vibracions.....	20
3.9 Consum	20
4. WASPMOTES	22
4.1 Que és waspmote i Libelium	22
4.2 Generalitats i estructura	23
4.3 Elements i connexions.....	25
5. PLAQUES DE SENSORS LIBELIUM	27
5.1 Placa d'esdeveniments.....	27
5.2 Placa de Smart Cities	29
5.3 Placa de Gasos	30
6. DISSENY DE LES PLAQUES	32

6.1 Placa comptador de persones.....	32
6.2 Plaques de consum	34
6.2.1 Filtratge.....	34
6.2.2 Rectificació de l'ona.....	35
6.2.3 Amplificació.	37
7. COMUNICACIÓ SENSE FILS.....	39
7.1 Tecnologia ZigBee.....	39
7.2 Programació X-CTU	40
7.3 Test de xarxa i senyal.....	41
8. GESTIÓ DE LES DADES.....	42
8.1 Que és Meshlium.....	42
8.2 Configuració del Meshlium	43
8.2.1 Paràmetres de xarxa	43
8.2.1 Configuració de la RTC.	43
8.3 Base de dades.....	45
8.4 Identificació dels nodes	47
9. PROGRAMACIÓ WASPMOTES.....	48
9.1 Programa bàsic waspmote	48
9.2 Programes específics waspmotes.....	50
9.2.1 Waspote plaques esdeveniments.....	50
9.2.2 Waspote Gasos	50
9.2.3 Waspote Smart Cities.....	51
9.2.4 Waspote Consum	51
9.2.5 Waspote comptador de persones.....	51
9.3 Modificacions dels Frames.	53
10. APLICACIÓ MATLAB	54
10.1 Interfície.....	54
11. RESUM DEL PRESSUPOST	56
12. CONCLUSIONS	57
13. RELACIÓ DE DOCUMENTS.....	58
14. BIBLIOGRAFIA	59
15. GLOSSARI	60
A. ESTUDI DE LES VARIABLES DE CONSUM	61
B. EXEMPLE DE DADES CAPTURADES	63
C. PROGRAMA.....	66

1. INTRODUCCIÓ

Cada vegada més, les principals ciutats del món lluiten per ser més innovadores mitjançant les Tecnologies de la informació i comunicació (TIC). No només suposa millores de previsió de serveis sinó que intenta fer camí a l'eficiència energètica i la gestió dels recursos, ja sigui en ambients, edificis i ciutats intel·ligents. Les ciutats són responsables del 40% del total de la despesa energètica i la major part d'aquesta despesa es concentra en els edificis i el transport. En aquest projecte ens centrarem en els edificis.

Aquest projecte s'emmarca en la proposta del grup de recerca EXIT (<http://exit.udg.edu>), per fer una gestió energètica més eficient dels edificis. I té com a objectiu principal adquirir i monitoritzar les dades ambientals i de consum d'un laboratori de l'edifici P4 de l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona per tal d'analitzar la influència dels usuaris en el consum. La finalitat és recol·lectar dades que permetin caracteritzar el comportament i les activitats de les persones en un espai i posteriorment relacionar aquests comportaments amb el consum elèctric de l'espai.

1.1 Antecedents

El treball, parteix de l'estudi realitzat durant l'estada en l'entorn de laboral, en el que es va desenvolupar un informe sobre quines dades ambientals serien les millors per monitoritzar l'activitat en el laboratori P4-004 (edifici P4 de l'EPS-UdG), en el que realitza l'activitat de recerca els membres del grup de recerca EXIT.

L'activitat en aquest espai, és una activitat de recerca i bàsicament requereix d'un nivell de concentració alt, tranquil·litat, benestar tèrmic i acústic i que està organitzat en llocs de treball. Els petits canvis en l'activitat corresponen a major o menor nombre de persones en l'espai o el fet que s'agrupi més d'una persona en un lloc de treball per treballar plegats. Per tant, els paràmetres o factors que es poden mesurar es basen en paràmetres de seguretat i salut en aquest espai, per tal de tenir un rendiment òptim i un bon confort.

Un cop determinat aquests paràmetres de confort i benestar (humitat, temperatura, soroll, il·luminositat, presència, qualitat de l'aire) es busca la millor opció per implementar el sistema de mesura i el seu desplegament. Es fa un estudi de mercat de les diferents empreses per trobar la solució més òptima al problema.

En aquest estudi es tenen en compte diferents propostes com: Monit, Arduino, Raspberry, Campbell, etc. Finalment s'ha optat per Libelium una empresa espanyola que està desenvolupant molt en productes relacionat amb les ciutats intel·ligents, medicina i processos de fabricació, entre altres.

1.2 Objecte

L'objectiu d'aquest projecte és la posta en marxa d'una xarxa de sensors sense fils formada per sis waspmotes i un meshlium (col·lector de dades), de la marca Libelium, amb tecnologia ZigBee. El projecte comprèn el disseny de la xarxa sense fils (selecció i ubicació òptima dels elements sensors, programació dels sistemes d'adquisició i comunicació als nodes), la seva instal·lació en el laboratori, el calibratge dels elements sensors i el desenvolupament d'un entorn centralitzat de recollida de dades que constarà d'una base de dades i un sistema de consulta àgil per fer extraccions i monitorització.

1.3 Especificacions i abast

L'abast del projecte comprèn el disseny, desenvolupament d'algun mòdul, la instal·lació i configuració d'una xarxa mesh amb 6 nodes i un col·lector de dades (meshlium) en el laboratori del grup de recerca EXIT (Laboratori a P4-004 de l'Escola Politècnica Superior de la UdG). El laboratori està format per una sola sala o àrea amb una única porta d'entrada. Es realitzarà un seguiment de mesures ambientals adequades a l'entorn de treball i el confort, així com el nivell d'activitat en què es troba l'espai i com pot afectar a la persona. Per tant es volen enregistrar dades ambientals com: CO₂, humitat, temperatura, soroll ambiental i lluminositat; o d'activitat com pot ser: presència, contacte portes i finestres, etc.

Aquestes mesures s'adquireixen amb el desplegament d'aquests 6 equips (nodes) que es componen per 6 waspmotes més 6 plaques de condicionament de sensors amb una tecnologia sense fils per facilitar la instal·lació així com la seva comunicació. D'aquestes 6 plaques, 4 són desenvolupades per Libelium (plaques anomenades: Gasos, SmartCities, i 2 d'esdeveniments) i predeterminades per una gama de sensors que libelium proporciona i les altres dues s'han desenvolupat, com part d'aquest projecte, per mesurar consums elèctrics i el nombre de persones que hi ha treballant.

Per això cal dur a terme el disseny, desenvolupament i muntatge de dues plaques de sensors complementaries adaptades al waspmote. Una placa, encarregada de gestionar el comptatge de persones, per saber la gent que entra i la gent que surt, en un interval de temps i poder contrastar-ho amb la despesa energètica. Una segona placa, mesurarà els corrents del subquadre general del laboratori per tal de saber el consum del laboratori en tot moment.

Per aquestes dues plaques caldrà dissenyar tota la part d'adquisició: selecció de sensors, condicionament, linealització i calibració.

Un cop instal·lats, es determina el temps òptim d'adquisició que està entre 5 min i 15 minuts, segons els requeriments del departament, ja que no hi ha una necessitat d'obtenir al detall sinó que amb una mitjana de les mostres adquirides durant un període entre aquest temps és suficient per fer estudis i pronòstics.

Aquestes dades s'enviaran a un col·lector correctament configurat en la xarxa que pertany al laboratori per tal de tenir accés a elles i poder exportar les dades a un servidor web APACHE ja muntat anteriorment. En el col·lector de dades, és important com es gestiona l'espai. Per tant es desenvolupa el codi necessari per optimitzar l'enviament de paquets i gestionar l'espai del meshlium. A continuació es crea la base de dades amb MySQL i es gestiona amb phpmyadmin.

El TFG inclou una plataforma per poder tenir accés a aquestes dades, gestionar-les i visualitzar-les de manera fàcil, desenvolupada en Matlab a petició del grup de recerca.

2. ESTRUCTURA DEL SISTEMA

El projecte està estructurat en un procés amb tres fases, la primera és el desplegament dels nodes i la programació, la segona fase és la comunicació entre nodes i col·lector de dades i per últim la gestió de les dades. La figura 1 representa de forma esquemàtica l'estructura de la xarxa mesh formada pels waspmotes més el Meshlium i també representa cadascuna de les parts que componen la gestió de les dades (Base de Dades i Aplicació Matlab).

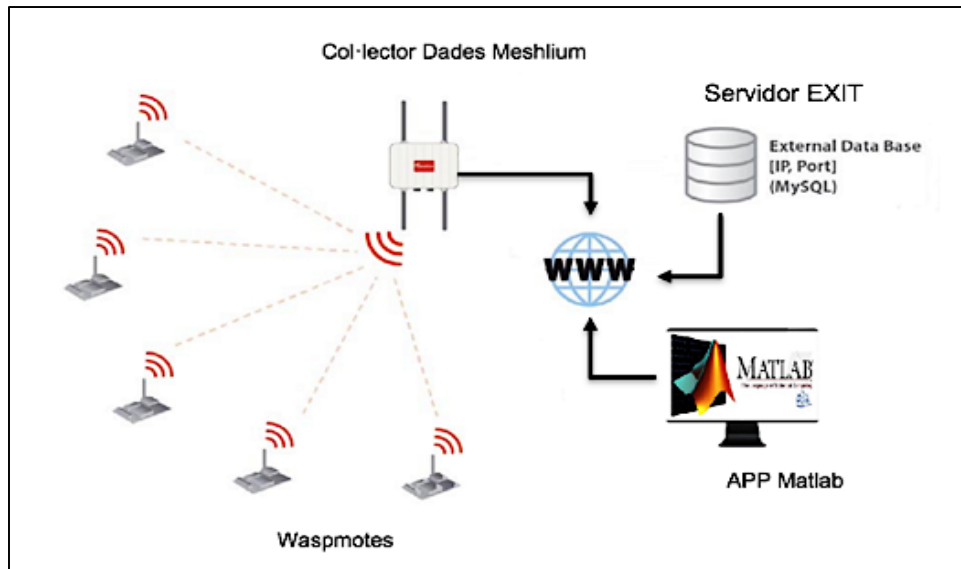


Figura 1. Estructura del Sistema

2.1 Nodes

La xarxa mesh dissenyada consta de 6 nodes, on cada node forma un conjunt waspmote més la placa de sensors. D'aquestes sis plaques, quatre són del mateix distribuïdor Libelium i s'encarreguen de: Gasos (CO_2 , temperatura, pressió, se li adapta la temperatura exterior amb una sonda 1-wire), Smart cities (temperatura, lluminositat, so ambiental i un luxímetre adaptat), esdeveniments finestra (Contacte magnètic de les 4 finestres, temperatura, presència i lluminositat) i esdeveniments porta (temperatura, vibració, lluminositat, contacte magnètic porta, presència i humitat).

Els dos waspmotes restants disposen d'una placa de sensors cadascun que s'ha dissenyat i desenvolupat amb dues finalitats concretes. La primera, com sistema de mesura del consum elèctric, condiciona el senyal de 3 toroïdals que mesuren el corrent per a cada fase del sistema trifàsic del subquadre general del laboratori. La segona, per la mesura de l'ocupació.

Aquesta última comptabilitza les entrades i sortides de persones gràcies a 2 sensors per infraroigs instal·lats a la porta d'entrada amb un cert angle i separats per una distància horitzontal petita, generant dues barreres per infrarojos.

Un cop muntats els dispositius es desenvolupa un codi basat en pseudoC amb l'entorn de desenvolupament que proporciona Libelium. El codi dissenyat per aquest projecte s'encarrega d'adquirir les dades, processar-les segons el tipus de node i enviar-les al col·lector de dades. El fet de realitzar un codi eficient amb prevenció d'errors en: comunicacions, mode de repòs i possibles saturacions del microcontrolador és molt important per un funcionament òptim.

2.1.1 Distribució

El laboratori consta d'una sola àrea de 8 metres d'amplada i 11 metres de llargada amb una única porta d'entrada i quatre finestres. L'àrea està organitzada en zones de petits llocs de treball individual, assolint una capacitat màxima de fins a 18 persones. És una àrea climatitzada amb un conducte d'impulsió i un d'aspiració, tres línies de fluorescents distribuïdes uniformement i un subquadre general. (Veure plànol número 9 del document 2)

Els nodes es distribueixen de manera uniforme per l'espai del laboratori i amb els motius descrits en aquest subapartat. Les alçades varien en funció del tipus de node, la seva finalitat i disponibilitat del laboratori.

El primer node, el "d'esdeveniments porta" se situa al costat de la porta d'entrada perquè hi ha la necessitat de cablejar el detector de proximitat magnètic que serveix per saber l'estat de la porta (oberta/tancada). Es col·loca a la part superior per sobre del marc a una alçada aproximada de 2 m. En ser la paret on es troba la impulsió del climatitzador s'hi col·loca un sensor de vibracions.

El segon node, també d'esdeveniments es situa a prop de les finestres pel mateix motiu que l'anterior, cablejar el contacte de finestres. S'instal·la a una alçada de 2 m. També, és interessant saber el gradient de temperatura en aquesta zona per tal d'avaluar la calor que es perd a causa dels vidres, essent un altre dels motius pel qual s'instal·la en aquesta zona.

El tercer node “smart cities”, té sensors com el luxímetre i el so, per això es col·loca a una alçada d’1,40 m, òptim per mesurar el soroll. El motiu del seu emplaçament ve donat perquè és el lloc menys favorable pel que fa a lluminositat, a causa de l’adaptació del luxímetre.

El quart node, el de gasos, és situat a una alçada d’1,50 m i està en el lloc on la circulació d’aire és més desfavorable i així tenir una mesura de CO₂ més crítica. Es troba en el mateix sentit que el conducte d’aspiració de la climatització.

El node de consum, s’instal·la al costat del subquadre general perquè els toroïdals es troben en el seu l’interior. La col·locació és per sobre del quadre a una alçada de 2 m respecte a terra.

Per últim, el node que s’encarrega de comptar les persones es troba costat de la porta a una alçada de 1,80 m i molt a prop del node “d’esdeveniments porta”.

2.2 Adquisició i comunicació

El sistema de comunicació entre waspmotes i el col·lector de dades (Meshlium) formen la tipologia d’una xarxa mesh on Meshlium és el coordinador d’aquesta i responsable de la gestió. La xarxa es basa amb protocol de comunicacions ZigBee on els mòduls que envien s’anomenen XBee i estan programats com a routers per tal de gestionar millor els paràmetres de xarxa, així com els temps de repòs.

La freqüència amb la qual arriben les dades és cada 10 minuts tal com diu les especificacions però l’adquisició dependrà en tot moment del tipus de dada i node. Per tant, si hi ha dades que pel tipus de dada s’ha de mostrejar durant tot el període de 10 minuts, es faran mitjanes d’aquestes dades per a ser enviades. Segons les especificacions que desitja el grup de recerca l’enviament de dades cada 10 minuts és suficient per poder treballar-les. Les dades s’envien als minuts 00, 10, 20, 30, 40 i 50 amb un total de 6 dades per hora.

2.3 Gestió de les dades

Un cop el col·lector de dades Meshlium les rep, les emmagatzema en el seu interior, ja que té una capacitat per guardar dades fins a 1,5 Gb. Un aspecte molt important pel projecte és l’administració de l’espai d’aquest, per tant, l’optimització i la modificació de les llibreries de Libelium que s’encarreguen d’enviar les dades és una tasca important. La finalitat d’aquesta

modificació és crear paquets de dades a cada node amb totes les variables i fer un sol enviament en comptes d'enviar dada a dada.

Quan Meshlium té les dades en el disc, el següent pas és configurar-lo per tenir connexió permanent a internet per així poder exportar les dades a la base de dades i també que la RTC s'actualitzi amb l'hora UTC d'un servidor europeu. La base de dades està creada en un ordinador amb un sistema operatiu Linux i un servidor APACHE. Actualment funciona amb mySql i amb phpmyadmin com a administrador de la base de dades. Es crea la base de dades "MeshExit" amb la taula corresponent als sensors.

Finalment es desenvolupa una petita aplicació amb Matlab per visualitzar-les. Aquesta aplicació permet triar qualsevol waspmote i qualsevol dada en concret i fer una exportació de les dades al Workspace de Matlab..

3. SENSORITZACIÓ

En aquest capítol es descriuen les principals característiques de les dades adquirides i el perquè d'aquestes dades. A més, de saber quins rangs mesuren i com ho fan. També es detallen les característiques dels sensors, com funcionen i com es calibren.

3.1 Preàmbul

Saber les dades ambientals a analitzar i saber quines són les més influents, és un estudi que es va fer en l'entorn de l'estada laboral d'acord amb les persones a l'hora de treballar en un laboratori i/o oficina. La importància de saber a on s'instal·laran els sensors que realitzin les mesures, com, amb quin objectiu, durant quin temps i cada quant adquireix, són factors a tenir en compte. Cal dir que cada sensor és diferent i té la seva manera de treballar. Determinar correctament aquests punts és important, per tal d'aconseguir la millor qualitat d'informació que proporcionen en cadascun dels seus àmbits.

Es diu que hi ha un confort tèrmic quan les persones no experimenten cap tipus de sensació de calor ni fred i que les condicions de temperatura, humitat i moviments de l'aire són favorables en l'activitat a desenvolupar. A més, si es volgués contrastar les dades tèrmiques obtingudes amb un sistema de vots per part de les persones s'avaluaria el grau de conformitat d'aquestes, amb la finalitat d'obtenir la millor sensació tèrmica i tenir la mínima taxa de desequilibri energètic amb el mínim grau d'insatisfacció dels ocupants.

Per tant, les variables a tenir en compte són: quantitat de persones, emissions de CO₂ (aquest proporciona la qualitat de l'aire), temperatura (parets, terra, sostre, exterior), humitat relativa, nivells de lluminositat (lux i tant per cent) i so, són paràmetres que actuen sobre el confort i rendiment humà en el laboratori. Les dades no només poden servir per generar models de predicció de quin és l'ambient adequat o quin consum hi ha, sinó poder crear un nou projecte en un futur sobre la gestió energètica, amb la finalitat de: controlar sistemes de climatització, a controlar el nivell de llum sobre persianes o lluminària, saber quan una finestra ha d'estar oberta o tancada, si és millor tancar la porta quan hi ha soroll o no. D'aquí sorgeix la idea dels edificis intel·ligents per la gestió energètica i confort dels ocupants

3.2 Temperatura seca

La temperatura seca és aquella que es troba en l'aire que envolta a la persona. La diferència entre aquesta temperatura i la temperatura corporal determina l'intercanvi de convecció. Per tant, el confort tèrmic dependrà d'aquest intercanvi entre la persona i el medi ambient, on els materials de les parets, sostres i finestres tenen una influència notable, així com l'alçada del local.

El INSHT (Institut Nacional de Seguretat e Higiene en el Treball) estableix uns rangs de temperatura per oficines, laboratoris i sales d'estudi, descrits en el RD 486/1997 de 17 a 24 °C per un ambient confortable a l'hivern i 23 a 27 °C a l'estiu.

Cada placa de sensors de Libelium té disponibilitat per mesurar la temperatura, llavors hi ha un total de 4 zones de les quals s'obté dades de temperatura. Recordem que aquestes són: la sortida del climatitzador i zona de la porta (esdeveniments porta), les finestres en la part interior(esdeveniments finestra) i un cada lateral, esquerra i dret (gasos i smart cities).

Finalment, per tenir idea sobre la pèrdua de calor que hi ha entre l'interior i l'exterior, és col·loca una sonda a l'exterior a la banda de la finestra amb orientació oest, geogràficament. (Veure plànol número 9 del document 2).

3.1.1 Sensors

El sensor de temperatura interior, és un sensor MCP9700A del tipus analògic, encarregat de convertir el valor de temperatura a un valor proporcional de voltatge. Aquest sensor és el que s'utilitza en tot moment en l'interior del laboratori i per a totes les plaques que mesuren temperatura. La figura 2, mostra les característiques d'aquest sensor, aquest té un encapsulat del tipus TO-92.

Rang de Mesura	[-40,+125°C]
Voltatge de Sortida (0°C)	500mV
Sensibilitat	10mV/°C
Precisió	± 2°C
Consum	6µA



Figura 2. Sensor temperatura MCP9700A

Pel que fa al sensor de temperatura exterior, és un sensor digital DS18B20 basat en un bus anomenat 1-Wire d'un mestre i diferents esclaus. El bus consta de tres fils, un positiu, un negatiu i la sortida digital (DO), el bus necessita una resistència de 4,7kohms (pull-up) per funcionar. L'avantatge d'aquest tipus de sensor és que es poden connectar varis dins del mateix bus, ja que disposa d'un número de sèrie de 48 bits que els identifica.

Al ser digital presenta molt bona fiabilitat amb una precisió 0,35 °C/LSB en un rang de temperatures de -55 a 125 °C. La resolució és pot configurar entre 9 i 12 bits, en el projecte s'ha configurat a 9 bits . La seva alimentació per treballar és a 3,3V.

En la Figura 3 es veu com és físicament aquesta sonda i el seu encapsulat. La DO com s'ha dit abans és la sortida i es connecta a una entrada digital del waspmote, que juntament amb les llibreries ens permetrà enviar les comandes, per llegir o escriure els paràmetres de la sonda. El patró de funcionament és molt simple, primer hem de configurar, després enviar que escrigui i finalment llegir una trama de 9 Bits que li envia al màster (wasmote) quan ell li sol·licita.

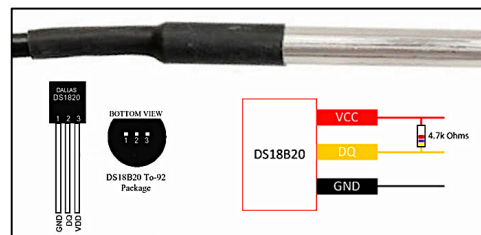


Figura 3. Sensor temperatura DS18B20

El xip és del tipus TO-92 i la baina que porta és per protegir-la de l'aigua ja que pot ser submergible. Per poder instal·lar-la l'exterior s'ha hagut d'incorporar-ho.

3.2 Humitat Relativa.

La humitat és el contingut de vapor d'aigua que té l'aire i el mecanisme pel qual s'elimina la calor del nostre organisme per mitjà de la transpiració. La col·locació d'un punt en el laboratori que estigui lliure de la radiació directa del sol és interessant. La humitat ideal per treballar a l'interior està entre un 25%-70%.

El sensor d'humitat és un sensor analògic alimentat a 3,3V, on el seu voltatge de sortida és proporcional al valor de la humitat mesurada. Aquest sensor és col·loca al node d'esdeveniments situat a la porta d'entrada. La figura 4 mostra les característiques del model 808H5V6.

Rang de Mesura	[0-100%]
Voltatge de Sortida	0-3V
Sensibilitat	30mV/1%
Precisió	<± 6%
Consum	0,18mA




Figura 4. Sensor humitat 808H5V6

3.3 Nivell de CO₂.

El CO₂ és una dada que ens ajuda a determinar l'índex de la qualitat de l'aire a l'interior i exterior, amb la finalitat de saber quan cal renovar l'aire i ajudar a regular els sistemes de ventilació per tal de disminuir el consum d'aquests.

Una concertació elevada de persones dintre d'una aula pot ser conseqüent a l'augment de les emissions de CO₂. Per tenir un confort a l'interior del laboratori s'ha de determinar quins són els valors màxims i mínims pel benestar. En base a estudis i al INSHT diuen que aquests han de romandre entre 500 i 900 ppm, a partir d'aquí es pot començar a experimentar incomoditat. Les màximes poden arribar a valors de 2000 ppm i 3000 ppm sobretot en oficines i escoles on hi ha molta gent i una ventilació escassa. A partir de valors superiors a 30.000 pot suposar mal de cap, somnolència, marejos i problemes respiratoris.

Pel que fa a l'exterior, la concentració està al voltant de 380 i 500 ppm, normalment, però depenen de les condicions ambientals de la zona. Per tenir una referència de les quantitats de concentració, una persona exhala al voltant de 35.000 ppm.

3.3.1 Sensor

El sensor escollit per mesurar el diòxid de carboni és el TGS4161, és un sensor electrolític amb unes dimensions compactes, una dependència baixa a la humitat, una vida més llarga i un consum baix.

Aquest sensor té la necessitat d'un voltatge d'excitació (VH) a 5V i un temps llarg de resposta. A continuació es genera una força electromotriu (EMF) en els pins 2 i 3 del sensor que és el voltatge que mesurarem. Per tal d'adaptar les impedàncies entre el sensor i la placa, el fabricant recomana un operacional que té la funció de seguidor o adaptador d'impedàncies. La figura 5 següent mostra aquest circuit.

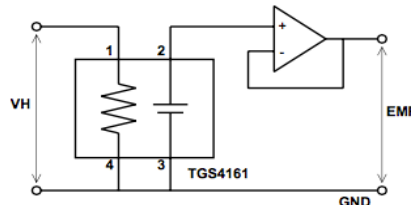


Figura 5. Circuit del TGS4161

La figura 6 mostra les característiques del sensor de CO₂ utilitzat.


Rang de Mesura	[350-10000 ppm]	
EMF 350ppm	220-490mV	
Sensibilitat (ΔEMF)	44-72mV	
Precisió a 1000ppm	<± 10%	
Consum	50mA	

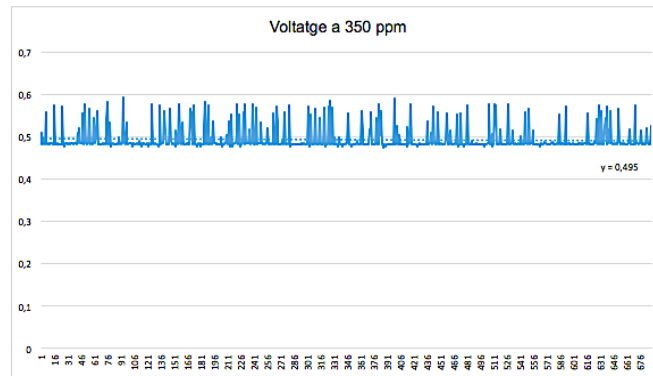
Figura 6. Sensor TGS4161

El ΔEMF és la sensibilitat del sensor i la variació que hi ha entre un valor mesurat i un valor fix quan el sensor està estable a 350 ppm (normalment és l'indicador de qualitat de l'aire en l'exterior). El sensor necessita un temps en estat "on" per donar mesures correctes i veure aquestes variacions de voltatge. Per tant, en l'algorisme aplicat, el que es fa és que romangui durant 3.5 minuts amb excitació i s'agafa diverses mostres cada 500ms. A continuació el sensor passarà a estat de repòs i farem la mitjana d'aquests valors adquirits. El valor del resultat en ppm presenta una corba característica amb una linealitat en una escala logarítmica en base 10. L'equació 1 calcula la diferència (ΔEMF) i la 2 el valor definitiu en ppm. Cal dir, que a mesura que augmenta el nivell CO₂ el valor en volts de EMF és més petit.

$$\Delta\text{MF} = \text{EMF}(350\text{ppm}) - \text{EMF}(\text{mesurat}) \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{CO}_2\text{ppm} = 10^{\left(\frac{\Delta\text{MF} + 158.63}{62.877}\right)} \quad (\text{Eq. 2})$$

Finalment per poder determinar quin valor és el mínim de EMF(350ppm) en el nostre sensor, es realitza una recollida de dades amb mostreig cada 500ms durant 3,5 minuts en l'exterior, per tal d'avaluar aquest coeficient de 350-380ppm. Finalment la gràfica 1 mostra aquests valors d'estabilització.



Gràfica 1. Voltatge a 350 ppm

3.4 Quantitat i tràfic de persones

Un dels paràmetre més importants pel projecte és saber la quantitat de persones que hi ha en l'interior del laboratori per poder contrastar-ho amb les dades de consum i així extreure bones conclusions. Per això s'ha desenvolupat un sistema que a partir de dos detectors per barrera de llum infraroja (IR) a una alçada d'1,10m, comptabilitzarà la quantitat de gent que entra i la quantitat de gent que surt. La resta d'aquests valors serà el resultat de la gent que hi ha. Per dur a terme aquest comptatge es desenvolupa una placa electrònica adaptada a aquests sensors i al waspmote, on només realitzarà la tasca de comptar persones.

L'algoritme que es duu a terme està basat en una màquina d'estats que compta l'entrada menys la sortida, amb la finalitat d'obtenir una mitjana del nombre de persones que hi ha treballant en un interval de 10 minuts, no un instant de temps determinat. És a dir, que la gent que entra en un interval de temps i marxa dintre del mateix interval no es comptabilitza, ja que són moments puntuals. La mitjana es realitza amb la quantitat de gent que entra i surt, però la seva estança és permanent. Per tant l'algoritme guarda el nombre de persones a la EEPROM en cada instant que entra algú. Finalment el nombre de mostres per calcular la mitjana equival al nombre de persones que han entrat i sortit. El resultat és la suma de tots els registres dividit entre les mostres. Així si entren 5 i surten 5 en diferents intervals de temps sempre serà una mitjana i no un instant en un moment determinat.

Pel que fa al tràfic de persones en determinades zones, es col·loca un sensor PIR i compta els moviments que hi ha en aquella zona. La zona d'entrada i en la zona de finestra són els dos nodes d'esdeveniments que realitzaran aquesta tasca. El tràfic de persones es reinicia cada 10 min.

3.5 Contacte de finestres i portes

Hi ha un total de cinc, un per a cadascuna de les quatre finestres més la porta d'entrada. D'aquesta manera és pot saber la variació que pot haver-hi si varien alguns dels paràmetres de les altres dades adquirides. Els valors variaran en funció de la ventilació natural sobretot la temperatura, el CO₂, el soroll i la despesa de consum. El sensor que s'utilitza és un sensor de contacte magnètic, que dóna un senyal de voltatge quan esta tancat, és a dir, un "1" en valor digital per el contacte tancat i un "0" pel contacte obert.

3.6 Luminositat

Un punt interessant de l'anàlisi d'aquest factor, és tenir coneixement de si les persones que estan treballant tenen unes condicions favorables segons uns patrons establerts que menciona el INSHT i que recomanen treballar amb un rang de 450-750 luxs en oficines.

Libelium, pel que fa a la mesura de la intensitat de llum en els seus dispositius, proposa la LDR en valors de lectura en kOhms. Per tant la mesura en luxs amb una LDR no és possible o millor dit si és possible però no és fiable. Així que per poder realitzar l'anàlisi de llum o tenir uns valors més o menys entenedors, es fa una linealització aproximada de la LDR amb una resistència de $R = 6,8 \text{ kOhms}$ en sèrie, per tal d'obtenir uns resultats de voltatge de sortida (V_{out}) entre 0,55V i 3V, considerant una alimentació de 3,3V i aplicant el circuit de la figura 7. El que interessa a nivell pràctic en base a la linealització és tenir el rang més gran possible sobre aquest comportament, no cal que sigui una recta linealment perfecte, ja que amb software ho podem corregir.

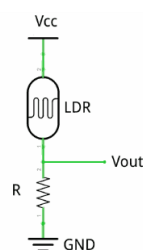
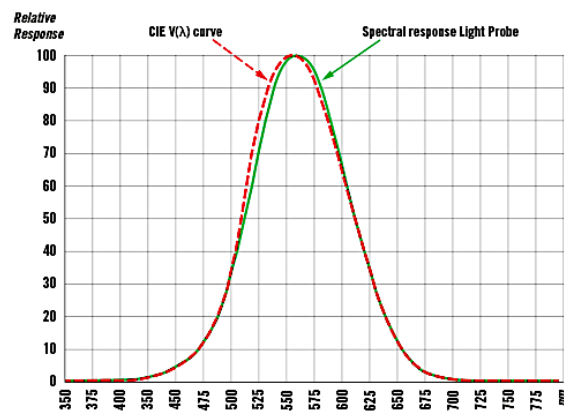


Figura 7. Linealització LDR

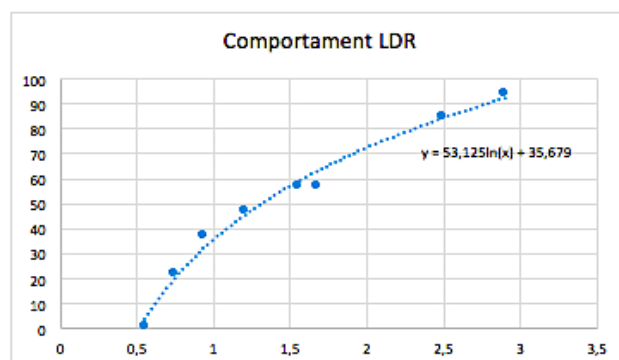
L'anàlisi de llum el parametritzem en valors de tant per cent gràcies al fet que un dels equips de mesura (waspmote smartcities) calcula aquest paràmetre de llum entre 0 i 100% i ho fa respecte la longitud d'ona visible. En definitiva un dels tres equips per mesurar la llum mesura l'espectre d'ona, els altres 2 equips de finestra i porta mesuren en KOhms. A partir de la gràfica 3 i l'equació 3 hi ha els mateixos resultats en tant per cent per tots els equips.

La gràfica 2 mostra l'espectre fotòpic de la longitud d'ona visible vers la resposta relativa en tant per cent i el motiu pel qual es decideix representar la lluminositat en aquest rang. Aquesta gràfica també pot ajudar a determinar els colors que rep la LDR i així determinar la caiguda natural de la llum del dia. Els valors que tendeixen al 0% són durant la nit i valors de 80-90% durant el dia. El 100% seria una llum totalment directa i amb una tonalitat groga. L'angle en que es trobi col·locada la LDR pot influir en els valors obtinguts.



Gràfica 2. Espectre fotòpic de l'ona

Un cop determinat aquest paràmetre, es fa un estudi del comportament de la LDR per els nodes d'esdeveniments donant com a resultat la gràfica 3. Aquesta mostra els valors de 0-100% en funció del voltatge mesurat en l'entrada del waspmote.



Gràfica 3. Comportament LDR

EL comportament de la LDR en funció l'espectre de l'ona vers el voltatge dóna un comportament logarítmic que té com a resultat l'equació 3.

$$\text{LDR}(\%) = 52,15 \cdot \ln(\text{Mesura en Volts}) + 35,679 \quad (\text{Eq. 3})$$

3.6.1 Sensors

La figura 8 detalla com és aquesta LDR i les seves principals característiques.


Resistència a la llum	5-20kohms	
Resistència Fosc	20Mohms	
Rang espectral	400-700nm	
Consum	0uA*	

Figura 8. LDR

Per altra banda, per tal de tenir la mesura en luxs en un dels waspmotes que disposa d'espai, se li instal·la un sensor GA1A1S202WP amb resposta lineal logarítmica que mesura un rang entre 3 i 55.000 luxs amb una sortida entre 5 i 50uA. És una placa formada per un sensor més una resistència i condensador en paral·lel que treballen per a condicionar-lo i tenir el rang de 0-5V. La figura 9 mostra aquest sensor ja condicionat.



Figura 9. Luxímetre

Té una alimentació a 5V i el connectem en una entrada analògica del waspmote de smart cities, col·locat en el punt més crític de l'aula quant a il·luminació. El seu comportament logarítmic està descrit per l'equació 4.

$$\text{Lux} = 10^{\left(\frac{\text{Valor mesurat} \cdot 5}{1024}\right)} \quad (\text{Eq. 4})$$

3.7 Soroll ambient

Poder mesurar el so és important per determinar les condicions òptimes de treball i de confort. La col·locació d'un punt de mesura de soroll a una alçada d'1,2 a 1,5 m és l'adequada. El nivell mitjà de soroll per les condicions són entre 40-50 dB. La presència d'aquests dispositius de mesura permet realitzar la mitjana de soroll durant els 10 minuts. L'adquisició és constant i s'agafa una mostra cada segon. A partir de la suma logarítmica dels valors recollits durant el període d'adquisició dona com a resultat un valor de sonorització mitjà descrit en l'equació 5.

$$\text{PromigSo} = 10 \cdot \log \cdot \left(\sum 10^{\left(\frac{\text{Valor mesurat (dBA)}}{10} \right)} \right) \quad (\text{Eq. 5})$$

3.7.1 Sensor

El sensor de So és el POM-2735P-R de la casa Panasonic, és un micròfon omnidireccional alimentat a 5V i connectat al dispositiu de smart cities. Té les següents característiques, tal com mostra la figura 9.


Rang de Mesura	[50-100 dBA]	
Màx. Pressió de So	125dBPL	
Impedància	<2,2Kohms	
S/N Ratio	60dB	
Sensibilitat	[-35± 4dB]	
Freqüència	20Hz-20kHz	
Consum	0,5mA	

Figura 10. Sensor de So POM-2735P-R

La junta de smart cities de Libelium el subministra calibrat en un rang entre 50 dBA i 100dBA amb una precisió de $\pm 2.5\text{dBA}$. Les dades de calibratge associat a la lectura del micròfon s'emmagatzema a la EEPROM del microcontrolador, entre les direccions 164 i 185. Això vol dir que no pot llegir valors inferiors a 50 dBA, i no es poden modificar els registres interns.

3.8 Vibracions

El laboratori no està exposat a situacions de vibracions molt elevades, però és cert que la col·locació d'un punt de mesura pel sistema de climatització és interessant per tal d'avaluar la paret on es troba col·locat. Per això el node situat a la porta disposarà d'aquest sensor. La figura 11 mostra el sensor, aquest és una galga amb una sensibilitat de 10mV/microstrain.

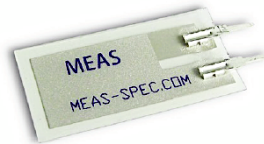


Figura 11. Sensor vibració PZ-01

3.9 Consum

Una de les mesures fonamentals per aquest estudi i ja per acabar de completar el sistema de sensors, es la mesura del consum general. És fa per mitjà d'un sensor toroïdal YHDC-013-10A amb un màxim de 10A i una sortida proporcional en AC de 0-1V. Com que es tracta d'un sistema trifàsic en necessitem 3. En el capítol 6 d'aquest present projecte hi ha la descripció del disseny de la placa de sensors en carregada de condicionar aquest senyal de sortida.

En tot sistema trifàsic, la suma de les potències de les tres fases respecte al neutre dóna el resultat de la potència activa total, en aquest cas la del laboratori. La potència per a cadascuna de les fases es calcula a partir de l'equació 6. Es pot dir que tots els factors són influents, però que només hi ha un paràmetre que és el més influent quant a variabilitat, la intensitat.

$$\text{Potència} = V \cdot I \cdot \cos \theta \quad (\text{Eq. 6})$$

Per tant abans de determinar quin són aquests, realitzem un estudi per mitjà d'un equip datalogger completament calibrat, que mesura intensitat, voltatge, potències, FP... Aquest estudi és dur a terme durant un dia de treball, no és necessari fer-ne més ja que tots els dies són molt semblants.

En l'annex A d'aquest document es pot observar l'informe de l'estudi, que determina quin és el factor de potència que prevaldrà com a constant, s'ha de dir que és diferent per a cada fase. En canvi, el voltatge que arriba és molt semblant per a les 3 fases, aquest està sobre els 232V aproximadament.

Finalment l'equació 7 dóna el càlcul del consum amb intervals de 10 minuts i amb una adquisició d'una mostra per segon. Aquesta equació 7 s'aplica a cada fase i la suma de les tres és la total.

$$\text{Consum (Wh)} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{ef_i}}{n} \cdot V_{ef} \cdot \cos \theta \cdot t(h) \quad (\text{Eq. 7})$$

On:

I_{ef} = intensitat eficaç proporcionada per el toroïdal

n = número de mostres adquirides

V_{ef} = voltatge eficaç 232V (Annex A)

$\cos \theta$ = factor de potència (Annex A)

t = temps en hores de la recollida de totes les mostres

4. WASPMOTES

4.1 Que és waspmote i Libelium

Libelium és una empresa forta en el sector de les ciutats intel·ligents, processos industrials, salut, etc., i que estan invertint e innovant cada vegada més. El seu producte estrella és Waspote, un dispositiu orientat a desenvolupadors, que té com a funció principal dur a terme adquisicions de dades sense fils, però que també té altres aplicacions que es desitgin fer.

Es tracta d'una placa electrònica compacta que incorpora tots els requisits necessaris per gestionar: l'adquisició del sensor, els modes de repòs i el més important, processar i enviar les dades a un destinatari. En cas d'aquest projecte és el col·lector de dades anomenat Meshlium i fabricat per Libelium. La tecnologia sense fils utilitzada en el projecte és ZigBee explicada en el capítol 7 d'aquest document. La figura 12 mostra l'aspecte d'aquesta placa.



Figura 12. Waspote

Libelium té una gran varietat de sensors i plaques que gestionen el condicionament de sensors, però waspmote és el node principal i cervell que ho gestiona. Aquesta varietat de plaques de sensors (Sensor Boards) tenen diferents usos segons al qual vagi destinat i s'adapten a la part superior del waspmote i els sensors corresponents s'adapten en aquestes plaques, formant un conjunt total que s'ha nomena node. En el capítol 5 es detallen aquestes plaques.

Un cop muntat, requereix d'un programa en el microcontrolador per funcionar correctament. Es tracta d'un programari lliure perquè podem editar les llibreries i gestionar-ho com vulguem. Ells disposen del seu propi programari el Waspote IDE i les API (llibreries) totalment gratuït des de la web i editable quasi al 100%, però a nivell expert tant en

electrònica com informàtica. El llenguatge és pseudoC i està basat en C i C++, les llibreries són totes en C++.

4.2 Generalitats i estructura

Aquesta placa incorpora: un microcontrolador ATmega1281 de 8 bits com a cervell principal, RTC, entrades/sortides digitals i analògics, acceleròmetre, connector per la bateria i la gestió de la seva càrrega, un port per connectar el mòdul d'expansió de ràdio i admet micro SD per capturar dades. La taula 1 mostra les característiques principals del waspmote.

DADES GENERALS		CONSUMS		E/S
Microcontrolador	ATmega 1281	ON	15mA	7 analògiques
Freqüència	14,75 MHz	Sleep	55uA	8 digitals (I/O)
SRAM	8KB	DeepSleep	55uA	1 PWM
EEPROM	4KB	Hibernate	0,07 uA	2 UART
FLASH	128KB	Bateria	3,3-4,2V	1 I2C
Pes	20gr	USB	5V -100mA	1 USB
Dimensions	73,5x51x13 mm	Digital PIN	40mA	1 SPI
Relotge	RTC (32KHz)			

Taula 1. Característiques del waspmote

La figura 13 és un diagrama de blocs amb les parts que componen el waspmote i el tipus de connexió de dades que s'utilitza entre els elements.

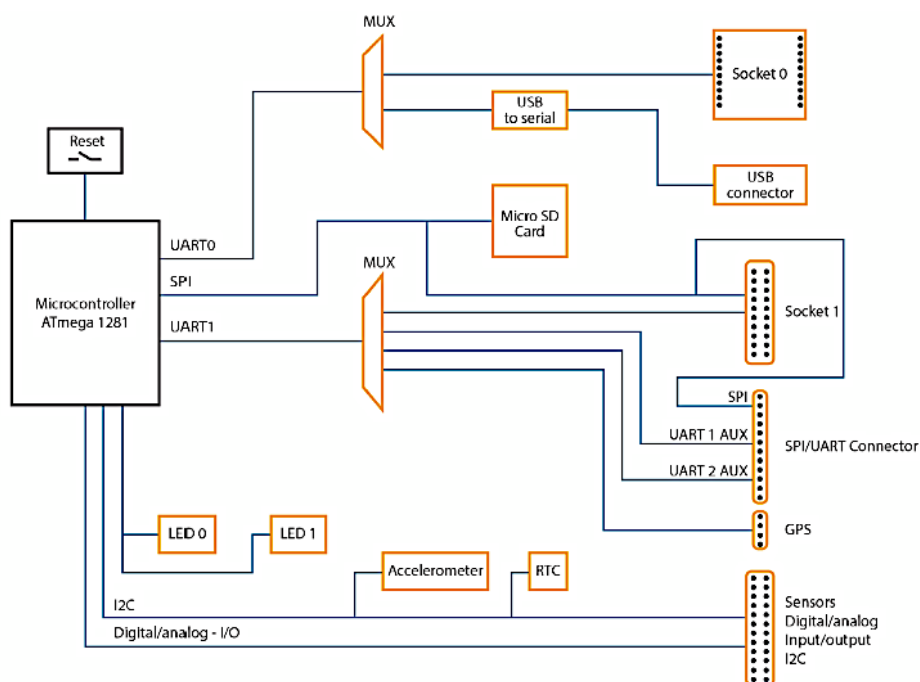


Figura 13. Diagrama del bloc de dades

La figura 14 detalla l'estructura de l'alimentació en un diagrama de blocs dels elements que formen la placa.

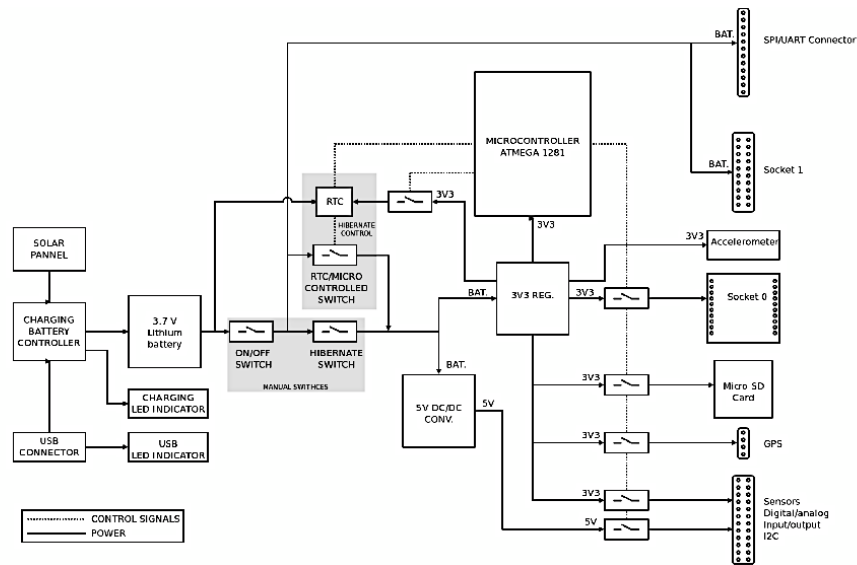


Figura 14. Diagrama de blocs d'alimentació

Tant la figura 13 com la 14 detallen completament l'estructura dels elements del waspmote i el perquè s'ha triat waspmote, gràcies a tot al que integra en una mateixa placa.

Per donar alimentació a la placa, es fa mitjançant la bateria, un element molt important pels waspmotes i necessari pel seu correcte funcionament. La bateria amb un voltatge nominal de 3.7V i una capacitat de 6600mAh és l'escollida per aquest projecte. El valor nominal de voltatge ha de ser aquest però l'amperatge pot variar. Cal dir que alguns dels waspmotes disposaran de connector USB (Universal Serial Bus) sempre que en l'emplaçament del waspmote hi hagi alguna base d'endoll a prop per connectar el carregador. Tot i això és necessari la bateria.

Pel que fa al GPS, SD, solar socket i acceleròmetre no es fa servir en aquest projecte, el mode d'hibernació tampoc. La RTC és un dels elements més importants per la gestió de interrupcions síncrones i enviament de les dades en l'horari que toca.

4.3 Elements i connexions

A continuació en la figura 15 s'observa la distribució dels sockets i els components de la cara superior del Waspote, on i com es connecten els diferents elements en aquesta placa.

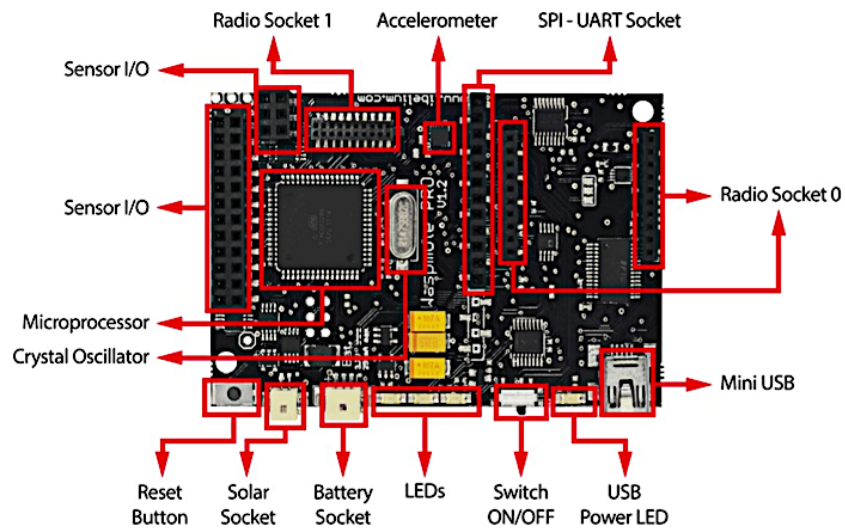


Figura 15. Elements waspmote cara superior

En el "Radio socket0" s'hi connecta el mòdul Xbee, en el "Sensor I/O 2x12 (A)" i "SPI-UART Socket (C)" s'hi connecten les plaques de sensors de Libelium. A continuació la figura 16 mostra els elements de la cara inferior.

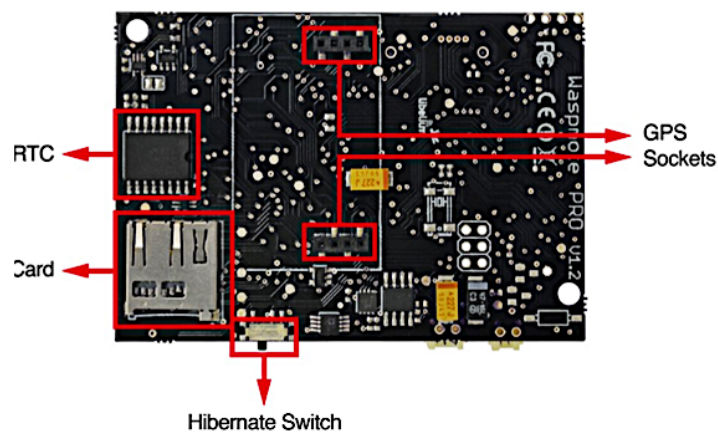


Figura 16. Elements waspmote cara inferior

El “Hibernate switch” no és fa servir, haurà d'estar en posició OFF (mirant la cara superior haurà de romandre a l'esquerra). Si s'observa el mapa de pins de la figura 17, correspon als ports “sensors I/O” de la figura 15. Alguns d'aquests pins s'utilitzen per adaptar sensors que no són de Libelium, sempre s'utilitza els ports A i B.

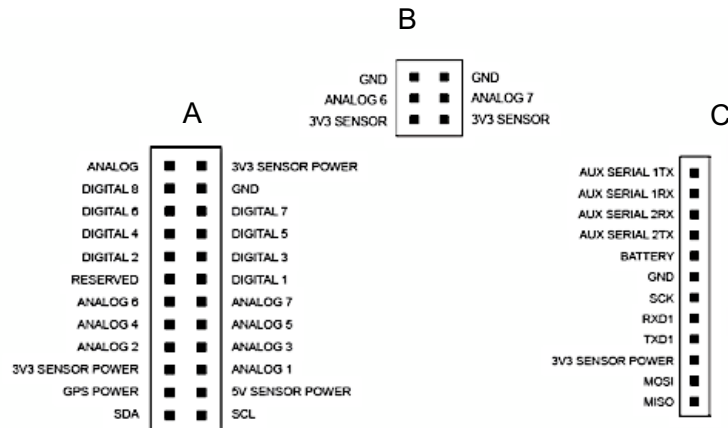


Figura 17. Mapa de pins del Wasp mote

La figura 18 mostra el muntatge bàsic i correcte del mòdul xBee respecte al “radio socket0” de la figura 15, la connexió de bateria i l'USB. Els waspmotes mesurador de corrent i comptador de persones que estan adquirint tota la estona se li connecta l'USB i així no s'haurà d'estar canviant la bateria. Els altres waspmotes, la bateria es canviarà quan sigui necessari. En el laboratori sempre es disposa de bateries de recanvi completament carregades.

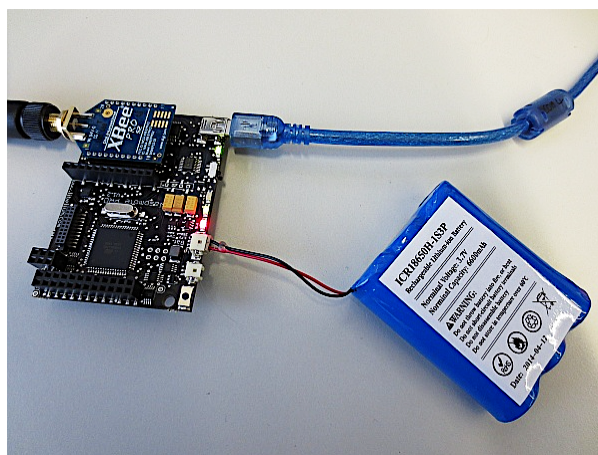


Figura 18. Configuració bàsica de bateria i Xbee Pro

5. PLAQUES DE SENSORS LIBELIUM

Libelium, tal com s'ha esmentat anteriorment disposa d'una sèrie de plaques anomenades plaques de sensors. Aquestes estan predefinides de fàbrica i tenen poca interacció física, simplement es connecta el sensor i es realitza la programació adequada. En dues plaques s'ha adaptat sensors nous i d'altres es fa alguna modificació. A continuació es descriuen les 4 plaques que s'utilitzen en el projecte, cal recordar que dues d'elles tenen les mateixes característiques però amb funcions diferents.

5.1 Placa d'esdeveniments

D'aquest tipus de placa hi ha dues instal·lades, una a la zona de la porta i l'altre a la zona de la finestra. Les dades que agafen cadascuna són molt semblants pel simple fet de que la placa de sensors és la mateixa i de les més polivalents que hi ha. Un mateix connector (socket) es pot configurar de diferents maneres a través de software i també permet diferents tipus de sensors en el mateix socket, sempre i quan aquest respecti les característiques elèctriques, aquesta placa té un total de 8 sockets.

Els sensors que es fan servir són: LDR, PIR, temperatura, humitat, vibració i sensor magnètic, també disposa de mesura de nivell de líquids i cabalímetre però aquests dos últims no. Si es vol adaptar algun altre sensor, tan sols s'ha de saber com treballa l'entrada del socket i quins rangs admet, en la figura 20 és pot veure la distribució dels pins en la placa.

La figura 19 dóna una idea de com és aquesta placa i com va muntada, també es pot veure perfectament com els pins de la cara inferior encaixen amb la cara superior del waspmote.



Figura 19. Placa d'esdeveniments

La taula 2 mostra la distribució dels sensors i quines mesures agafen cadascun d'ells en les seves respectives plaques d'esdeveniments, a més indica en quin socket van connectats.

PORTA		FINESTRA	
Temperatura	Socket 6	Temperatura	Socket 6
LDR	Socket 1	LDR	Socket 1
Humitat	Socket 5	Contacte Finestra 1	Socket 2
Vibracions	Socket 4	Contacte Finestra 2	Socket 3
Contacte Porta	Socket 2	Contacte Finestra 3	Socket 4
PIR	Socket 7	Contacte Finestra 4	Socket 8A
		PIR	Socket 3

Taula 2. Sensors plaques d'esdeveniments

La figura 20 exposa la distribució dels pins i sockets de la placa, a més de les connexions dels sensors i les correctes polaritzacions.

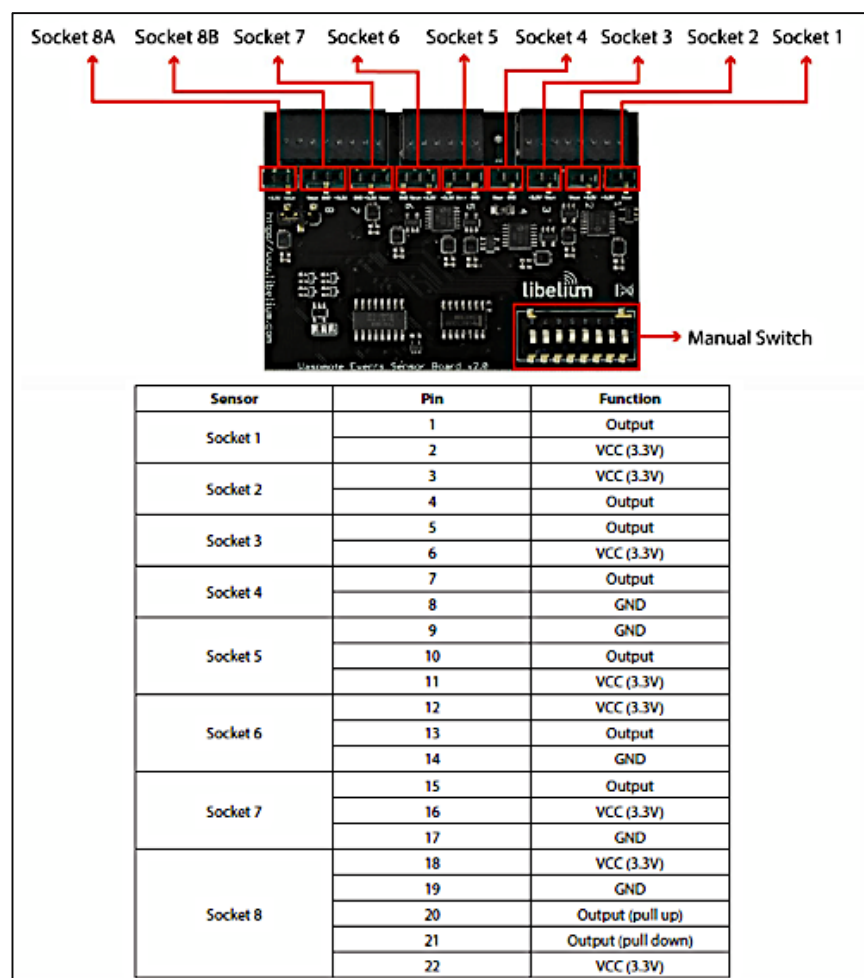


Figura 20. Mapa de pins de la placa d'esdeveniments

Dels sensors que van connectats en aquesta placa, el PIR, el sensor de temperatura i el sensor d'humitat tenen polaritat i cal respectar-la a l'hora de connectar aquests sensors en la placa, seguint el mapa de pins de la figura 20. En quan al contacte magnètic, sensor de vibracions i LDR no és necessari respectar aquesta polaritat.

En la LDR per tal de fer la linealització, és necessari col·locar la resistència de 6,8k entre el pin 1 i el 8 de la figura 20, en les dues plaques d'esdeveniments porta.

El "manual switch" serveix per activar i desactivar els sockets, és a dir, si no hi ha sensors, aquests romandràn en una posició de "off" (el switch situat al centre) per estalviar energia dels components que s'encarreguen de condicionar el senyal al socket corresponent.

5.2 Placa de Smart Cities

La placa de ciutats intel·ligents (smart cities), ha sigut triada particularment perquè incorpora el micròfon i així poder mesurar el so ambient del laboratori en valors de dBA. A part d'aquesta mesura que és un dels trets més atractius d'aquesta placa de sensors, també disposa de sockets per temperatura, humitat, lluminositat per mitjà d'una LDR, ultrasons, pol·lució i desplaçament lineal, són els sensors que ofereix Libelium. Dels sensors nomenats només s'utilitzen: temperatura, LDR, micròfon i un luxímetre adaptat a la placa.

A continuació és mostra els pins de la placa de "smart cities" en la figura 21 on s'observa la distribució dels socket que acollen els sensors nomenats.

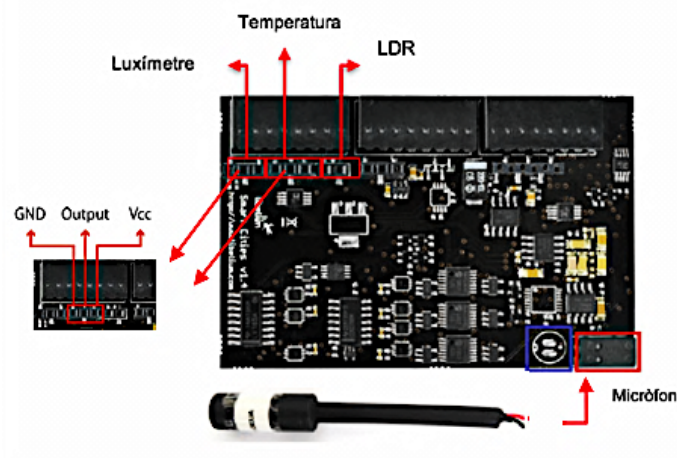


Figura 21. Mapa de pins de la placa Smart Cities

El luxímetre es connecta a Vcc i GND de la placa de sensors, ja que treballa a 5 V i no hi ha disponibilitat d'alimentació des del propi waspmote per l'ocupació de la placa de sensors. Llavors, la sortida analògica es connecta en el pin analògic 7 del socket "Sensors I/O 2x3 (B)" de la figura 17 del subapartat 4.3. i l'alimentació tal com mostra la figura 21. Pel que fa a la LDR no té polaritat per tant no hi ha problema i tampoc requereix linealització, ja que el valor que dóna com a resultat de l'adquisició és en valor en tant per cent que ve donat i calibrat per Libelium. Amb aquesta placa s'ha calibrat la corba característica de les dues LDRs de les plaques d'esdeveniments.

En quan al sensor de temperatura es respecta la polaritat i és connecta com la figura 21.

5.3 Placa de Gasos

La placa de gasos, té una àmplia varietat de sensors, com ara: CO, O₃, O₂, CH₄ fins a 14 tipus de gasos diferents. Entre ells, el més interessant i amb més utilitat per aquest projecte és el CO₂, com ja s'ha esmentat anteriorment el TGS4161 serà el que s'encarregui d'obtenir la mesura del nivell de qualitat de l'aire i de dir o indicar, si cal o no cal renovar l'aire i quins valors de concentració hi ha. La placa també té disponibilitat per la temperatura i la pressió atmosfèrica que si s'utilitzen.

La distribució dels sensors i a on es connecten aquets ve donada per la figura 22.

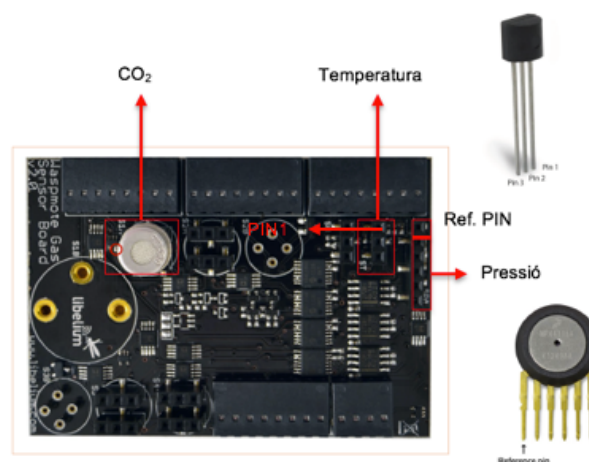


Figura 22. Mapa de pins placa de Gasos

En aquest conjunt placa i waspmote se li adapta un sensor de temperatura exterior amb protocol de bus “1-wire”, el sensor és el DS18B20 detallat en el subapartat 3.3.1.

La connexió del sensor de temperatura exterior DS18B20 està en la figura 23. La sortida DO es connecta directament al Pin Digital 1 del Waspote del port “Sensors I/O 2x12 (A)” i l'alimentació s'agafa del port “Sensors I/O 2x3 (B)”, cal tenir en compte que és necessari col·locar la resistència de 4,7k entre DO i VCC. Aquesta sonda no es connecta amb la placa de sensors sinó que es connecta directament al Waspote. La figura 17 hi ha el mapa de pins del waspmote i es pot relacionar fàcilment amb la següent figura 23.

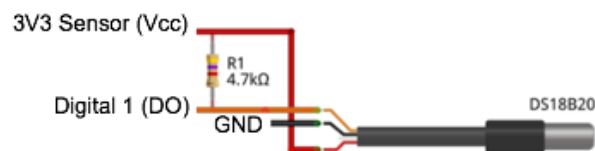


Figura 23. Pins sonda DS18B20

6. DISSENY DE LES PLAQUES

Aquest capítol presenta la descripció i justificació del disseny dut a terme en les plaques adaptades a waspmote, encarregades de comptar persones i mesurar el consum.

6.1 Placa comptador de persones.

La placa que realitza la funció de comptar persones, està dissenyada i pensada únicament perquè el conjunt waspmote més placa s'encarreguin de comptar la gent que hi ha en el laboratori. Això ho fa a través de dos sensors IR situats a l'interior del laboratori i a prop de la porta d'entrada. Aquests, separats per una petita distància, creen dues barreres per infrarojos, que juntament amb el codi basat en una màquina d'estats com estructura principal de programació, se sap en tot moment quan una persona ha entrat o sortit. La figura 24 és mostra com és aquesta placa a sobre del waspmote.

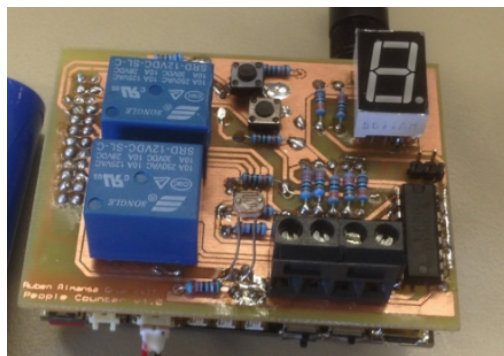


Figura 24. Placa comptador de persones

La placa està composta per dues parts. La més important és el circuit de relés, aquests s'encarreguen d'adaptar la senyal que prové del sensor IR alimentat a 12V CC, a la tensió del waspmote de 5V. Els relés de 12V CC disposen d'un contacte commutat lliure de potencial, on tindrem el comú del contacte a 5V que prové de l'alimentació del waspmote i el normalment obert, que anirà connectat a l'entrada digital 8 per un sensor IR i digital 6 per l'altre sensor IR. Aquestes tenen una resistència de 10k en paral·lel entre la sortida del relé i la massa, això s'utilitza per garantir 0V en l'entrada dels pins 8 i 6.

A la figura 25 és detalla l'esquema d'aquest disseny i dels components principals per aquest comptatge.

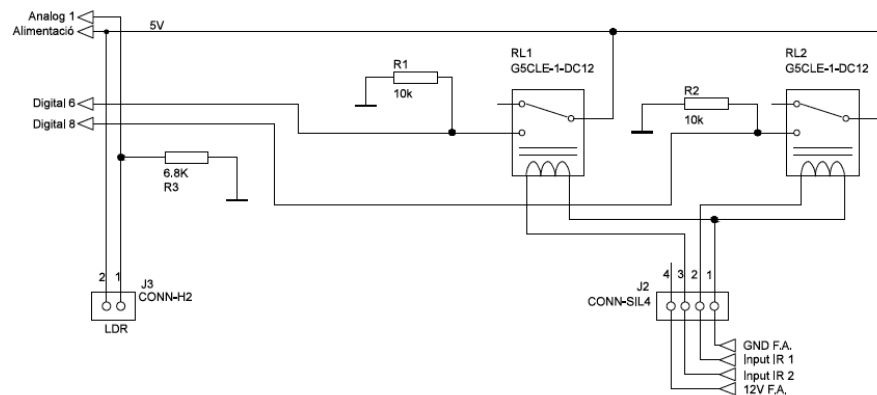


Figura 25. Esquema Relés i LDR

En el connector J2 s'hi connecta una font d'alimentació externa de 12V, on el positiu i negatiu de la font més el positiu i negatiu dels dos sensors IR van al mateix pins 4 i 1 respectivament, respectant la polaritat d'aquests. La sortida dels sensors IR1 i el IR2 no són de lliure potencial per tant es connecta en els pins 2 i 3 del J2, que s'encarreguen d'activar els relés.

Per altre banda també disposa d'una connector J3, destinat a la LDR que s'encarrega de gestionar el nivell de llum en (%) amb la finalitat de restablir el número de persones a 0 quan la intensitat de llum disminueix al voltants del 10 %. És necessari restablir a 0 per si durant algun moment del dia s'ha realitzat el comptatge de manera errònia. De totes maneres, quan arriba el final del dia, a les 12h de la nit, automàticament es restaura a zero el nombre de persones. La LDR està linealitzada tal com s'explica en l'apartat 3.6.

L'altra part que compon la placa, és un sistema per debbugar i ajustar la posició i l'angle dels sensors IR. Aquest sistema s'activa per mitjà del jumper JP1 perquè normalment està en off per no tenir tant de consum. El límit de la placa al carregar és de 100mA si connectem aquests leds el consum que tindrem és d'uns 80mA més els elements de la placa i el consum del propi waspmote.

Bàsicament serveix per calibrar els sensors i poder veure si el comptatge de persones és correcte o no. El display funciona mitjançant un descodificador de 74LS47 que es controla a través de 4 sortides digitals del waspmote. Finalment els dos polsadors serveixen per incrementar o disminuir el numero de persones i facilitar les proves de calibració.

6.2 Plaques de consum

Les plaques de consum s'han desenvolupat per dur a terme l'adquisició del corrent mitjançant un toroidal. Es tracte d'una placa encarregada de condicionar una tensió d'entrada en alterna entre 0 i 1V en valor eficaç, a un valor de 0 a 3.3V en corrent continua, buscant la major proporcionalitat lineal possible.

El disseny està format per un circuit amb tres etapes. Una primera etapa encarregada de filtrar soroll que es genera en el toroidal o aportada al circuit. Una segona etapa que rectifica l'ona i torna a filtrar per tal d'obtenir un senyal continu amb un rissat molt petit. La última etapa és la d'un amplificador no inversor amb un guany lineal variable per obtenir el valor de 3,3V en CC.

6.2.1 Filtratge

La primera etapa, tracte de filtrar l'ona d'entrada en alterna, ja que aquesta conté soroll i provoca una variabilitat en la lectura del sensor. Amb l'oscil·loscopi es pot observar i per això s'ha optat per aquesta opció. De totes maneres, quan es parla de sistemes de condicionament de senyal és bo aplicar un filtratge al senyal per poder treballar-la. Llavors, és determina un filtre pas baix que elimina les altes freqüències i el soroll que pugui pertorbar la senyal a l'entrada del circuit. Aquest petit filtre està compost per una resistència i un condensador (figura 26), és tracte d'un filtre passiu a uns 60 Hz com a freqüència de tall, suficient per treballar. Per trobar els valors de capacitat del condensador i de resistència s'utilitza l'equació 8.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (\text{Eq. 8})$$

On:

f_c = Freqüència de tall a 60 Hz

C = el fixem a 100nF

Això dona com a resultat una resistència (R) de 26,52K sempre que el valor del condensador és fixe.

S'agafa com a valor normalitzat 22k i si tornem aplicar l'equació anterior obtindrem un resultat de freqüència de tall a 72,34Hz. La figura 26 mostra la configuració d'aquest filtre pas baix amb valors normalitzats.

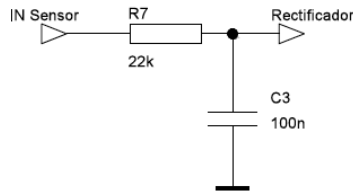


Figura 26. Filtre passiu pas baix

És un filtre de primer ordre, on hi ha una atenuació de -3dB a la freqüència de tall de 72,34Hz. El valor d'atenuació d'aquest filtre és de -20dB per dècada, per tant, possibles sorolls a partir de 723,4Hz quedaran atenuats a més de -20 dB, una atenuació lineal de 100 vegades més petita el valor del voltatge d'aquella freqüència de 723,4Hz. A majors freqüències majors atenuacions.

6.2.2 Rectificació de l'ona

La rectificació de l'ona, es l'etapa que s'encarrega de transformar el semicicle negatiu a un semicicle positiu i el semicicle positiu continua com a tal. Així amb el disseny del circuit de la figura 27, un rectificador actiu amb operacionals, proporciona l'avantatge de poder rectificar l'ona amb precisió i sense l'aportació de la tensió dels díodes.

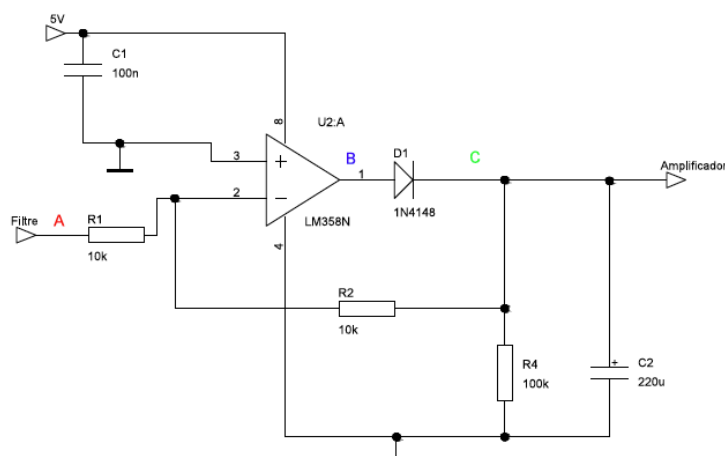


Figura 27. Esquema rectificador

El que succeeix en el circuit de la figura 27 si evaluem el punt “C” sense el condensador C2 (filtre a continua), es que el semicicle positiu que entra per R1 (punt A figura 27) passa per R1 i R2 fins arribar directament al punt “C”. Aquest pateix una petita disminució perquè hi ha un divisor de tensió amb R4 que no afecta molt a nivell pràctic. El filtre C2 ho compensarà amb el rissat al passar-ho a contínua. En la figura 28 es pot veure com la tensió del semicicle positiu és un pèl més petita. El díode actua com a barrera i no permet passar a “B” la tensió positiva del punt “C” en el moment que la tensió en A és positiva.

En el semicicle negatiu, amb l'operacional alimentat de 0 a 5V i el pin positiu a massa. La tensió d'entrada del semicicle negatiu al pin negatiu i aquesta és més petit que el pin positiu té com a sortida la tensió positiva de l'operacional (punt B). Llavors, el punt “B” tindrà 0V per tensions positives a l'entrada i un voltatge igual al de l'entrada per les tensions negatives d'entrada, ja que el pas de l'ona negativa en l'entrada de l'operacional fa que aquest actuï com a amplificador inversor de guany unitari. Les resistències R1 i R2 són iguals i pel que fa a R4 en el pas de l'ona negativa actua com a resistència de càrrega (RL), no afecta.

Finalment, en el punt “C” tindrem dos semicicles positius i la freqüència doblada a 100Hz. La figura 28 podem veure el resultat d'una simulació de com queden les ones. Els colors corresponent als punts estan en la figura 27.

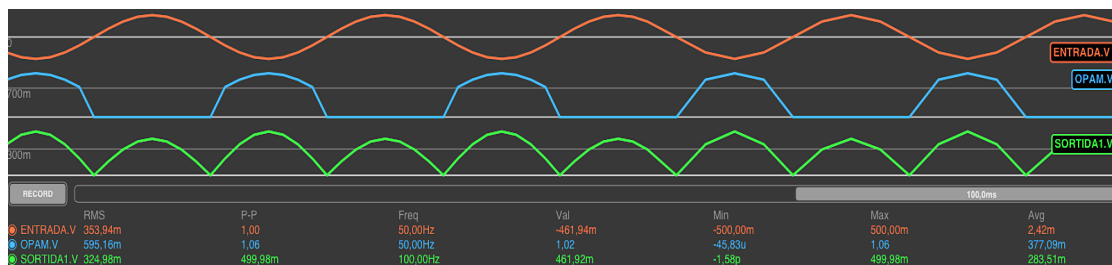


Figura 28. Representació d'ones del circuit rectificador

Si la sortida correcta és la verda i aquesta no té el condensador C2, amb ell, el que és fa és obtenir una estabilització d'aquesta senyal i obtenir un rissat molt petit que ajudarà a estabilitzar el senyal en contínua. Per tant la importància del C2 és vital pel funcionament, s'hi s'agafa un valor de condensador molt gran, anirà molt bé perquè l'estabilització serà molt bona, però en variacions de voltatge serà un sistema amb una resposta molt lenta. En canvi si aquest valor és molt petit hi haurà molt de rissat i l'ona en contínua seria dolenta per tant trobar aquest equilibri si és important.

Per trobar aquest valor de capacitat òptim, a part de trobar valors de capacitat matemàticament, la millor opció, és un criteri més empíric i a partir dels prototips, trobar una compensació entre el temps de resposta i el valor del rissat. L'equació per determinar aquest condensador o el voltatge de rissat es realitza per mitjà de l'equació 9.

$$V_r = \frac{I_L}{f \cdot C} = \frac{\frac{1V}{100K}}{50Hz \cdot 220\mu F} = 0.091mV \quad (\text{Eq. 9})$$

On:

I_L = és el corrent que passa per la resistència R4, amb la $V_{m\acute{a}x}$ de entrada de 1V.

És cert que no cal tanta precisió en el rissat, però és millor una bona precisió que una resposta ràpida. En el laboratori les variacions de corrent no són molt abruptes al llarg del dia, aquestes augmenten i disminueixen sense grans alteracions.

6.2.3 Amplificació.

En aquesta última etapa s'ha desenvolupat un circuit no inversor de guany variable que garanteixi un rang entre 2,75 i 5,5 del guany lineal respecte la tensió d'entrada. Aquest guany variable pot ajustar el senyal de sortida a 3,3V o 5V segons el que interressi. L'amplificació segueix el patró de l'esquema de la figura 29.

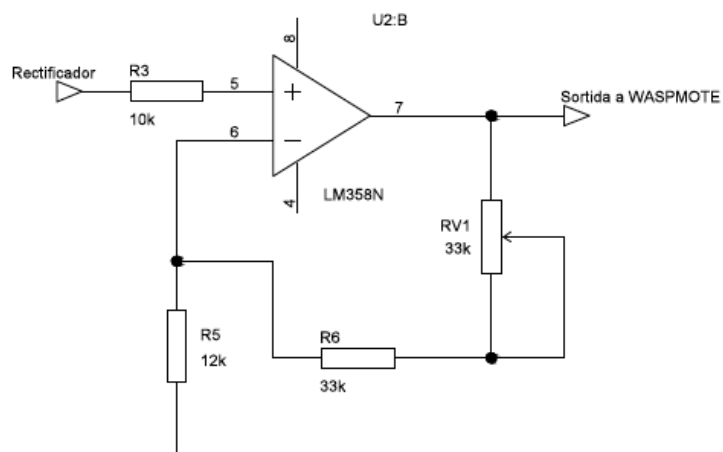


Figura 29. Esquema amplificador

El guany que determina aquest amplificador ve donat per l'equació 10 d'un amplificador diferencial no inversor, però amb els valors de la figura 29.

$$\text{Guany} = 1 + \frac{R_6 + R_{V1}}{R_5} \quad (\text{Eq. 10})$$

Si el sensor treballa de 0 a 1V altern i la sortida és de 0 a 3.3V en contínua a un valor proporcional de 0 a 10A, la sensibilitat és de 0.33V/A. A més el rang de la targeta d'adquisició del waspmote és de 10 bits entre 0 i 3.3V per el model v1.1 i 0 i 5V pel model v1.2, les equacions 11 i 12 calculen quin és el rang que s'aprofita i quina resolució hi ha. El disseny està pensat pels dos models de waspmote, encara que en la nova versió no s'aprofita tot el rang d'adquisició si funciona de 0 a 3.3V.

$$\Delta = \frac{\text{rang}}{2^n} \quad (\text{Eq. 11})$$

On:

Δ = Resolució V/LSB.

rang = 3.3V per v1.1 i 5V per v1.2

n = numero de bits 10

Aplicant la formula dona com a resultat 3.22mV/LSB i 4.88mV/LSB respectivament.

El toroïdal té un màxim de 10A que correspon als 3.3V o als 5V depenen de la placa, hi haurà un valor de 9.76mA/LSB pels 10 bits. El circuit es podria preparar a 5V, però el disseny està pensat per treballar a 3.3V. Una resolució de 10mA són valors molt acceptables. Si el sensor sempre treballa a 3.3V com a valor màxim i s'utilitza la versió v1.2 o més hi haurà un desaprofitament. L'equació 12 calcula la resolució del disseny si s'utilitza la placa waspmote v1.2.

$$n = \log_2 \left(\frac{\text{rang}}{\Delta} \right) = \log_2 \left(\frac{3,3V}{4.88mV/LSB} \right) = 9.40\text{bits} \quad (\text{Eq. 12})$$

Finalment s'obté una resolució final de 19.53mA/LSB amb la versió 1.2 o més, que no està malament per mesurar els consums del laboratori.

7. COMUNICACIÓ SENSE FILS

La transmissió de dades sense fils entre els equips electrònics s'està utilitzant cada vegada més en les tecnologies actuals per la sensorització de les coses. Un dels més utilitzats en instrumentació i processos és la comunicació mitjançant ZigBee, aquest crea una xarxa WPAN on els dispositius que tenen la mateixa identificació de xarxa poden entendre's entre ells. Els 6 nodes desplegats actuen com a routers i el col·lector de dades (meshlium) com a coordinador i gestor de la xarxa mesh.

L'empresa Libelium té diverses propostes com ara: LORA, WI-FI, 802.15.4, però ZigBee és la que s'ha triat perquè alberga una sèrie d'avantatges i característiques importants com: baix cost, baix consum, no te necessitats de llicències, instal·lació econòmica i simple, xarxes flexibles i extensibles on té la possibilitat de albergar fins a 65535 nodes. La facilitat de programació i configuració també és un factor important. Libelium proporciona les llibreries per gestionar aquests mòduls i la seva comunicació.

7.1 Tecnologia ZigBee.

Es tracta d'una tecnologia sense fils i bidireccional basada en un protocol estàndard de comunicacions IEEE 802.15.4 ideat per utilitzar en dispositius de domòtica, automatització, control industrial i altres aplicacions com la d'aquest projecte. Aquest protocol de dades treballa en la banda de 2.4GHz per un canal que es pot escollir entre 1 i 16. Les velocitats de transmissió van des de 20kB/s fins 250kB/s amb la tecnologia GSS, té un abast entre 10 i 75 metres, tot i que les condicions ambientals determinen la distància.

El mòdul "XBeePRO" amb una antena de 5dBi del fabricant Maxstream, ha sigut l'escollit per dur a terme aquesta comunicació sense fils entre els dispositius d'aquest projecte. Hi han altres models però el de la figura 30 és el més estàndard i el que proporciona Libelium juntament amb els waspmotes.



Figura 30. Mòdul Xbee

7.2 Programació X-CTU

El X-CTU és el programa que proporciona Digi per a la configuració dels mòduls XBee. El programa s'encarrega de configurar els paràmetres desitjats i d'assignar-li la funcionalitat dintre de la xarxa mesh (end device, router o coordinator).

Per configurar aquest dispositiu cal un hardware anomenat "XBee Explorer USB", és un adaptador pensat per connectar amb l'ordinador i poder programar-ho. Tan sols és fa servir per programar un cop, després és connecta al "radio Socket 0" del waspmote i des d'allà gestiona l'enviament i la trama (frame) de dades.

El software presenta un mode de programació senzill i intuïtiu, on s'ha de tenir en compte uns certs factors alhora de la programar tal com és descriuen en la taula 3, aquests seran iguals pels 6 mòduls. Els paràmetres s'introdueixen un a un en cada "XBeePRO" mitjançant el "XBee Explorer USB" i l'entorn de programació "X-CTU". El primer paràmetre a configurar i el més important, és el firmware perquè és qui marca la configuració restant del mòdul, per tant, cal fer l'elecció correcta. Els nodes d'aquest projecte és programen com a routers.

Firmware	XBP24-ZB ZigBee Router API 2347
BaudRate (bauds)	115200
PAN ID	0
SC canal	3FFF
API Mode	2
Paritat	0
JV Verificació de canal	1

Taula 3. Paràmetres XBee

El motiu pel qual s'ha triat router, és per l'opció de la verificació de canal. A més, per treballar amb waspmote on aquests gestionen els modes de repòs, els XBee "end device" requereix una configuració especial. Com aquests mòduls només treballen en el moment d'enviar, passen a un estat "ON", el router restableix una comprovació automàtica de la xarxa, cercant un nou canal en el cas que aquest hagi canviat pel coordinador. Cal remarcar, que en quan a prestacions de paràmetres de comunicacions, dona major seguretat i fiabilitat en l'enviament de les dades i si en aquell instant no troba una connexió directa amb meshlium ho fa mitjançant altres Xbee "router". En proves fetes a llarga duració aquesta opció ha sigut més favorable.

7.3 Test de xarxa i senyal

Un cop configurat, dins del propi programa és pot observar si l'estructura de la xarxa mesh és correcta i està ben configurada. Aquesta comprovació és pot fer sempre que un dels mòduls estigui connectat al port de l'ordinador. En la figura 31 s'observa com és la xarxa mesh i quins elements la formen.

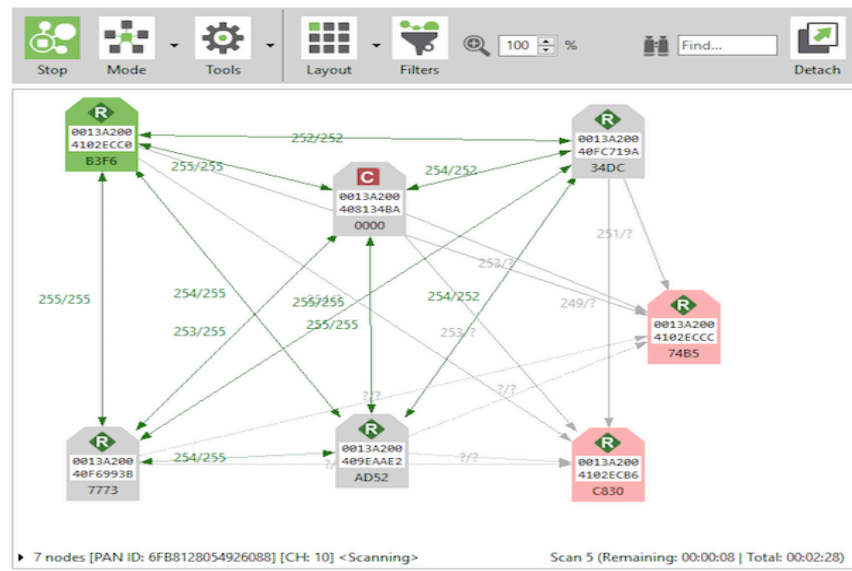


Figura 31. Estructura dels mòduls XBee

Per últim, la prova de test, permet conèixer si aquests tenen un bon nivell de senyal amb el coordinador. Per això es realitza un test de senyal i s'obté com a resultat la figura 32. Tal com es pot observar, resulta haver-hi un bon nivell de senyal entre els dispositius i el col·lector de dades, és obvi perquè es troben en la mateixa sala però és bo fer-ho.

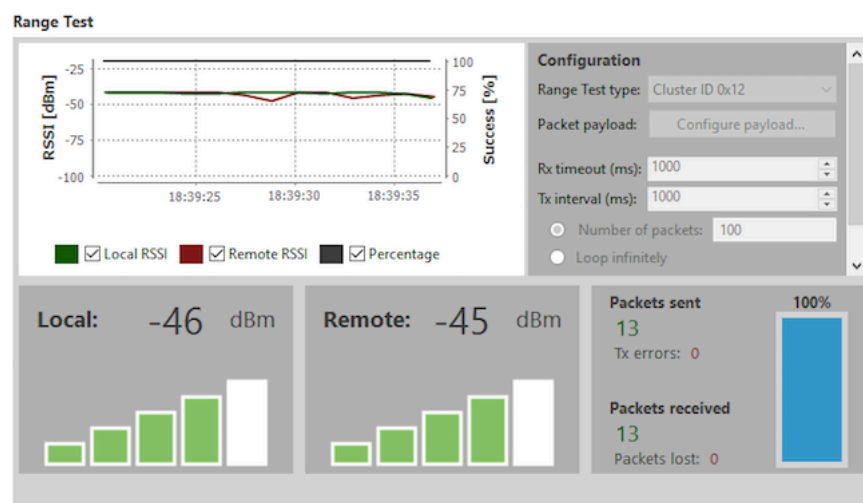


Figura 32. Prova de senyal XBee

8. GESTIÓ DE LES DADES

El col·lector de dades s'encarrega de rebre i emmagatzemar les dades que provenen dels waspmotes. Aquest aparell s'anomena Meshlium i és de la casa Libelium, té la funció de coordinador de la xarxa, que juntament amb els nodes formen el que s'anomena una xarxa mesh. Un cop ha adquirit les dades, les envia a un servidor que hi ha al laboratori, en el que s'ha creat una base de dades amb MySQL i gestionat amb PHPmyAdmin.

8.1 Que és Meshlium

Meshlium representat en la figura 33, és un dispositiu encaminador basat en Linux, en aquest cas Debian i que funciona com a “gateway” (porta d'enllaç) de les xarxes de sensors de waspmotes. Aquest incorpora fins a 5 interfícies radio diferents: WIFI 2,4GHz i 5GHz, Bluetooth, ZigBee i GPS.



Figura 33. Meshlium

Meshlium té la capacitat de treballar de manera autònoma ja que té una capacitat de 1.5Gb per emmagatzemar dades i disponibilitat de connexió a internet. Aquesta connexió, entre altres coses permet la gestió de “Clouds” d'algunes empreses molt importants per poder realitzar l'exportació i la visualització de les dades. També permet l'exportació a una base de dades externa sempre que hi hagi accés a internet.

La connexió a internet es realitza per mitjà del cable d'ethernet on s'alimenta a través del POE mitjançant una font d'alimentació externa per alimentar aquest POE i que no cal fer-ho des del “Switch” que hi ha en el armari (rack). La connexió a internet permetrà l'accés remot des de qualsevol ordinador dintre de la mateixa xarxa local per gestionar-ho i configurar-ho. També pot treballar com a punt d'accés (AP) WIFI.

El model “Meshlium Extreme” és que hi ha instal·lat, té la peculiaritat de detectar dispositius que tenen connexió WIFI o Bluetooth com per exemple els smartphones. Això és molt útil per comptar persones gràcies a que és pot saber l'hora que ha identificat el dispositiu. Aquestes dades és registren en la base de dades externa creada en aquest projecte. Cal remarcar que els dispositius que identifica ho fa a través de la MAC i en cap moment es pot identificar a una persona ja que hi ha una privacitat al darrere.

8.2 Configuració del Meshlium

La configuració del Meshlium per aquest projecte té varies parts, la primera és configurar la xarxa amb la del laboratori perquè aquest tingui accés a internet, la segona part és la configuració automàtica de la RTC amb un dels servidors europeus i per últim l'exportació de les dades a un servidor extern.

8.2.1 Paràmetres de xarxa

L'assignació dels paràmetres de xarxa es a partir de la taula 4 d'acord amb la LAN en que es troba. Aquests paràmetres és configuren dintre del sistema operatiu del Meshlium i no és necessari entrar a través del terminal sinó des d'un navegador web. La primera vegada que s'ha d'accedir a ell es fa a través de WIFI ja que no té la connexió a internet configurada. Finalment els paràmetres s'introdueixen en la pestanya “interfícies/ethernet”.

IP address	84.88.154.224
Netmask adress	255.255.254.0
Gateway	84.88.154.1
Broadcast	84.88.154.255
Primary DNS	84.88.128.2
Secondary DNS	84.88.128.3

Taula 4. Paràmetres de xarxa

8.2.1 Configuració de la RTC.

Per actualitzar l'hora automàticament amb el servidor europeu cal accedir al meshlium a través del terminal SSH. En laboratori s'accedeix des d'un terminal Linux d'un ordinador local a través de l'adreça IP que se li assignat anteriorment, a continuació s'introdueix el nom de usuari i la contrasenya.

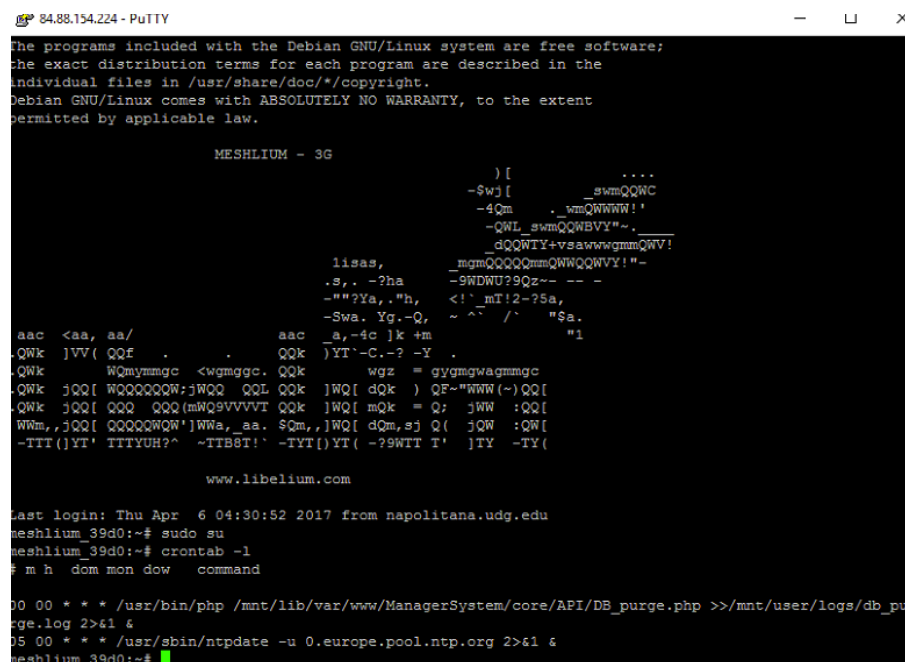
Un cop dins del terminal, que té l'aspecte de la figura 34, s'executa la comanda "ntpddate -u 0.europe.pool.ntp.org" aquesta comanda fa actualitzar la RTC del meshlium amb l'hora UTC d'un servidor europeu, és a dir dues hores menys a l'estiu i una menys a l'hivern, respecte l'hora a Espanya, la hora UTC no canvia mai.

Perquè aquesta data s'actualitzi a diari automàticament s'ha de configurar en el seu terminal perquè la RTC de meshlium pateix d'un retard de 8s al dia i al final de setmana és molt. Com molts sistemes Linux meshlium utilitza el programa que incorpora en l'interior del sistema anomenat "CRONTAB", és un programa que serveix per executar comandes o fer tasques en un moment determinat, assignant-li el minut, l'hora, el dia, el mes i l'any.

Per editar aquest programa s'ha de muntar el disc dur del meshlium, executar el "crontab -e" en el seu interior i escriure la següent comanda:

```
05 00 * * * /usr/sbin/ntpddate -u 0.europe.pool.ntp.org 2>&1 &"
```

Un cop introduït aquesta comanda que s'executarà a les 00:05 AM cada dia, mes i any. La comanda "crontab -l" serveix per comprovar que la comanda s'ha introduït correctament i que funciona. L'actualització és un factor que és important per saber el timestamp en la base de dades i per gestionar l'enviament de les trames dels waspmotes en una hora concreta.



```
84.88.154.224 - PuTTY
The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.
Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.

MESHLIUM - 3G

) [
-$wJ [ _swmQQNC
-4Qm . _wmQWVWV!
-QWL _swmQQWVY"~.
dQQWY+veawwgmQWV!
lissas, _mgmQQQQmmQWQWVY!"-
.s,. -?ha -9WDWU?9Qz-- --
-""?Ya,. "h, <! ' mT!2-?5a,
-Swa. Yg.-Q, ~ ^ / ' "$a.
aac <aa, aa/ aac _a,-4c ]k +m "1
.QWk ]VV( QQf . . QQk )YT'-C.-? -Y .
.QWk WQmymmgc <wgmggc. QQk wgz = gygmgwagmmgc
.QWk jQQ[ WQQQQQQW:jWQQ QQL QQk ]WQ[ dQk ) QF-"WWW(~)QQ[
.QWk jQQ[ QQQ QQQ (mWQ9VVVVV QQk ]WQ[ mQk = Q: jWW :QQ[
WNm,,jQQ[ QQQQQWQW']WWa,_aa. $Qm,,]WQ[ dQm,sj Q( jQW :QW[
-TT{)YT' TTTYUH?^ -TtBT!' -TYT{)YT( -?9WTT T' jTY -TY(

www.libelium.com

Last login: Thu Apr 6 04:30:52 2017 from napolitana.udg.edu
meshlium_39d0:~# sudo su
meshlium_39d0:~# crontab -l
# m h dom mon dow command
00 00 * * * /usr/bin/php /mnt/lib/var/www/ManagerSystem/core/API/DB_purge.php >>/mnt/user/logs/db_purge.log 2>&1 &
05 00 * * * /usr/sbin/ntpddate -u 0.europe.pool.ntp.org 2>&1 &
meshlium_39d0:~#
```

Figura 34. Terminal de Meshlium

8.3 Base de dades

Per configurar el Meshlium perquè exporti les dades, el que es fa primer es crear la base de dades en un dels servidors d'Exit. Actualment hi ha una màquina destinada a fer de servidor web amb "HTTP APACHE" muntat en un sistema operatiu Linux.

A partir d'aquí, crear la base de dades amb mySQL i phpmyAdmin com a administrador d'aquesta es realitza en tres passos. El primer pas és accedir a la base de dades a través del navegador web amb l'adreça IP(84.88.154.20) i el port (3306) des de qualsevol ordinador del laboratori i entrar amb nom i contrasenya d'usuari "root". Després en la pestanya "Cuentas d'usuario" es crea un nom d'usuari i contrasenya i se li assigna els permisos, es seleccionen tots (All Privileges). El segon pas és obrir el desplegable "SQL" (figura 36) i apareix una espècie de terminal per executar codi (query en mySQL), on s'introdueix el codi en SQL (annex C) que crea la base de dades "MeshliumEXIT". El tercer pas és introduir el codi SQL (annex C) en el mateix desplegable per crear les dues taules (figura 36 i 37). Una taula "SensorsMesh" pel sistema de sensors on hi haurà totes les dades dels 6 nodes i una altra taula "wifiScan" per guardar els identificadors MAC WIFI dels smartphones.

Un cop les dades estan en el Meshlium i les taules creades en el servidor es hora de configurar-lo, es fa a través de la seva interfície gràfica que s'accedeix a ella via web. Per exportar les dades se li assigna els paràmetres de configuració descrits a "connection data" de la figura 35. Aquests paràmetres són els que s'han configurat en el phpmyadmin seguint els passos anteriorment descrits. Finalment se li assigna el temps de sincronització del Meshlium amb la base de dades. La configuració de la exportació de dades de WIFI és realitza exactament de la mateixa manera.

The screenshot shows the 'Captured Data' interface with the 'External Database' tab selected. The 'Connection data' section contains the following fields:

- Database: MeshliumEXIT
- Table: SensorsMesh
- IP: 84.88.154.120
- Port: 3306
- User: root@Mesh
- Password: libellum2016

Other settings include:

- ☒ Store frames in the external data base
- Synchronize each 600 seconds
- Show data Last 100 insertions
- Show sql script (to create database and table)
- Buttons: Save, Check Connection, Synchronize Now

Below the configuration fields is a table of captured data:

ID	Date	ID Wasp	ID Secret	Frame Type	Frame Number	Sensor Value
79547	2017-05-15 09:20:11	4102ECB6	408421217	128	1	STR 23.87;82.85;1;
79546	2017-05-15 09:20:06	4102ECCC	408416321	128	1	STR 25.48;84.43;2;
79545	2017-05-15 09:20:06	40FC719A	408511048	128	0	STR 26.45;109.06;2;

Figura 35. Exportació de dades al servidor

Finalment el resultat obtingut d'aquesta exportació en el servidor és pot veure en la figura 36. A l'esquerra d'aquesta figura s'observa que a dintre de la base de dades "MeshliumExit" hi ha les dues taules creades i tot l'entorn gràfic de phpmyadmin que gestiona la base de dades.

Mostrando filas 17775 - 17799 (total de 79578. La consulta tardó 0.0925 segundos.) [timestamp: 2017-04-25 06:00:12... - 2017-04-25 05:20:11...]

SELECT * FROM `sensorsmesh` ORDER BY `sensorsmesh`.`timestamp` DESC

Perfilando [Editar en línea] [Editar] [Explicar SQL] [Crear código PHP] [Actualizar]

Ordenar según la clave: Ninguna

	id	id_wasp	id_secret	frame_type	frame_number	sensor	value	timestamp	raw	parser_type
Editar Copiar Borrar	61803	4102ECB6	408421217	128	1	STR	21.94,7.86;1.1;1.0.33	2017-04-25 06:00:12	noraw	0
Editar Copiar Borrar	61802	4102ECCC	408416321	128	1	STR	22.90,1.00;0.00;1.0.33.98	2017-04-25 06:00:07	noraw	0
Editar Copiar Borrar	61801	40FC719A	408511048	128	0	STR	23.87,107.35,13.25;3.14,350.00,24	2017-04-25 06:00:04	noraw	0
Editar Copiar Borrar	61800	40F6993B	0	128	24	STR	0.0.97	2017-04-25 06:00:03	noraw	0
Editar Copiar Borrar	61799	405EAAE2	0	132	169	STR	107.314.93	2017-04-25 05:51:20	noraw	0
Editar Copiar Borrar	61798	4102ECCC	408420719	128	0	STR	24.52,17.99;50.00;50.00.9.47.52	2017-04-25 05:50:17	noraw	0
Editar Copiar Borrar	61797	4102ECB6	408421217	128	1	STR	21.94,2.46;1.1;1.0.33	2017-04-25 05:50:12	noraw	0
Editar Copiar Borrar	61796	4102ECCC	408416321	128	1	STR	22.90,1.00;0.00;1.0.34.98	2017-04-25 05:50:09	noraw	0
Editar Copiar Borrar	61795	40F6993B	0	128	23	STR	0.0.98	2017-04-25 05:50:03	noraw	0
Editar Copiar Borrar	61794	40FC719A	408511048	128	0	STR	23.87,107.35,13.19;3.14,350.00,24	2017-04-25 05:50:01	noraw	0
Editar Copiar Borrar	61793	405EAAE2	0	132	168	STR	104.579.93	2017-04-25 05:41:20	noraw	0
Editar Copiar Borrar	61792	4102ECCC	408420719	128	0	STR	24.52,15.64;50.00;50.00.8.37.92	2017-04-25 05:40:15	noraw	0
Editar Copiar Borrar	61791	4102ECB6	408421217	128	1	STR	21.94,1.00;1.1;1.0.33	2017-04-25 05:40:11	noraw	0
Editar Copiar Borrar	61790	4102ECCC	408416321	128	1	STR	22.90,1.00;0.00;1.0.34.98	2017-04-25 05:40:06	noraw	0
Editar Copiar Borrar	61789	40FC719A	408511048	128	0	STR	23.55,107.11;13.00;3.14,350.00,24	2017-04-25 05:40:04	noraw	0

Figura 36. Taula SensorsMesh

En la figura 37, s'observa les dades dels identificadors MAC dels dispositius detectats i el seu nivell de senyal respecte meshlium (RSSI). En alguns dispositius es pot veure el fabricant.

Mostrando filas 0 - 24 (total de 3618672. La consulta tardó 0.0003 segundos.)

SELECT * FROM `wifiScan`

Perfilando [Editar en línea] [Editar] [Explicar SQL] [Crear código PHP] [Actualizar]

Ordenar según la clave: Ninguna

	ID_frame	TimeStamp	MAC	SSID	RSSI	Vendor	Type	AP	MeshliumID
Editar Copiar Borrar	1	2017-03-15 18:19:22	00:08:81:9C:39:7F		15	Kaparel Corporation	C	00:22:F7:22:6B:18	meshlium_39d0
Editar Copiar Borrar	2	2017-03-15 18:19:22	00:08:81:9D:76:54		7	Kaparel Corporation	C	00:22:F7:22:6B:18	meshlium_39d0
Editar Copiar Borrar	3	2017-03-15 18:19:25	28:CF:E9:5C:56:E7		42	Apple	C	00:22:F7:22:6B:18	meshlium_39d0
Editar Copiar Borrar	4	2017-03-15 18:19:22	00:08:81:9D:76:BB		14	Kaparel Corporation	C	00:22:F7:22:6B:18	meshlium_39d0
Editar Copiar Borrar	5	2017-03-15 18:19:40	E8:39:DF:F3:80:1B		15	Askey Computer	C	(not associated)	meshlium_39d0
Editar Copiar Borrar	6	2017-03-15 18:19:29	00:15:6D:F8:52:26		14	Ubiquiti Networks Inc.	C	00:00:00:00:00:00	meshlium_39d0
Editar Copiar Borrar	7	2017-03-15 18:19:31	34:E6:AD:DA:C7:DA		8	Intel Corporate	C	(not associated)	meshlium_39d0
Editar Copiar Borrar	8	2017-03-15 18:19:54	8C:3A:E3:43:E9:24		7	LG Electronics	C	1C:BD:B9:8C:49:CB	meshlium_39d0
Editar Copiar Borrar	9	2017-03-15 18:19:42	28:BE:03:3D:69:79		7	Unknown	C	(not associated)	meshlium_39d0
Editar Copiar Borrar	10	2017-03-15 18:19:28	E0:F8:47:17:FC:2C		7	Apple	C	1C:BD:B9:8C:49:CB	meshlium_39d0

Figura 37. Taula wifiScan

8.4 Identificació dels nodes

Per identificar a la base de dades els diferents nodes, es fa a través de l'identificador MAC que té cada dispositiu però en aquest cas només s'utilitza la part baixa d'aquest identificador "MAC LOW" del mòdul XBee, és a dir els últims 32 bits, ja que els 32 primers són iguals per tots. La taula 5 mostra la identificació de cada node que és el que fa cada node i la trama de dades que envia cadascun d'ells. Les dades s'enviaran cada 10 minuts a la base de dades tal com diu les especificacions.

Node	Id MAC	Trama de Dades
Consum	409EAAE2	Consum(Wh);bat
SmartCities	4102ECC0	Tª;Llum(%);So(AVG);So(màx);Lux;bat
Esdeveniments Porta	4102ECCC	Tª;Llum(%);Vibra;CP;Mov;Humitat;bat
Esdeveniments	4102ECB6	Tª;Llum(%);CF1;CF2;CF3;CF4;Mov;bat
Gasos	40FC719A	Tª;Pressió;Tªext;CO2(V);CO2(ppm);bat
Comptador de	40F6993B	PaxMed;PaxInst;bat

Taula 5. Identificació dels nodes

Pel que fa al conjunt de dades enviades "CP" és el contacte magnètic de la porta, "CF" contactes de finestra, "Mov" és tràfic de persones i pel que fa als dos valors de CO2 un és en volts "CO2(V)" i l'altre és el valor en ppm. Les persones és el "paxMed" la mitjana de persones que hi ha treballant, l'altre és l'instantani, en el moment de l'enviament de la trama mostra la gent que hi ha en aquell instant de temps.

Per últim, tots els nodes envien l'estat de la bateria. Totes les dades es separen per ";" entre elles.

9. PROGRAMACIÓ WASPMOTES

Aquest capítol és una de les parts més importants del projecte, ja que és el que més temps requereix. Tenir una bona programació vol dir fer un codi ben estructurat i optimitzat, amb la finalitat de tenir un funcionament correcte per part dels waspmotes amb el mínim d'errors possible. Els 6 waspmotes estan programats amb la plataforma "waspnote PRO IDE v.04" amb un llenguatge pseudoC.

La programació dels dispositius es basa en dues parts, la primera i la més important és la creació d'una estructura base que serveix per a tots els nodes, la segona part introdueix un programa específic per a cada waspmote. El programa específic consisteix en realitzar l'adquisició de les variables i gestionar els modes de repòs. Els waspmotes que treballen amb modes de repòs són els dos d'esdeveniments i el de gasos. La resta estan constantment adquirint o pendants de la seva tasca.

Per acabar amb l'entorn de programació dels waspmote, una part molt important a la qual s'hi ha dedicat temps és la modificació de les llibreries per tal d'enviar les dades en un mateix frame per cada waspmote (taula 5).

9.1 Programa bàsic waspmote

Del programa bàsic del waspmote, es destaquen unes parts que són iguals per tots pel que fa a estructura i subprogrames (funcions), aquestes són: llibreries, declaració variables (no totes), iniciar Xbee (obté la MAC), "checkNetworkparams", "ResetNetwork" i sincronitzar la RTC formen part de la funció "voidSetup", el "EnviarDades" és igual per tots però canvia la trama. La figura 38 mostra el diagrama de flux i l'estructura del programa bàsic.

El "checknetworkparams" i "ResetNetwork" van donats de la mà, un comprova si la connexió del xBee amb meshlium és satisfactòria (canal, PAN ID i l'associació) i l'altre atura el XBee, després l'encén i a continuació restableix els paràmetres de xarxa i ho torna a comprovar altra vegada.

El "EnviarDades" s'encarrega de crear el paquet de les dades, tot seguit prepara la trama de totes les dades adquirides per enviar-les en un mateix paquet, a continuació afegeix la direcció MAC que l'identifica com a node i ho envia tot al destinatari (meshlium). Després està a l'espera de la confirmació per part de meshlium de l'arribada de paquets.

El “power reboot “ s'utilitza per eliminar els problemes de saturació del microcontrolador que pateixen a la llarga quan els registres interns es s'aturen. És per això la importància d'aquesta comanda “PWR.reboot()” que s'encarrega de restaurar el sistema a través de software, tornant a l'inici del programa.

La figura 38 mostra el diagrama de flux del programa principal dels waspmotes.

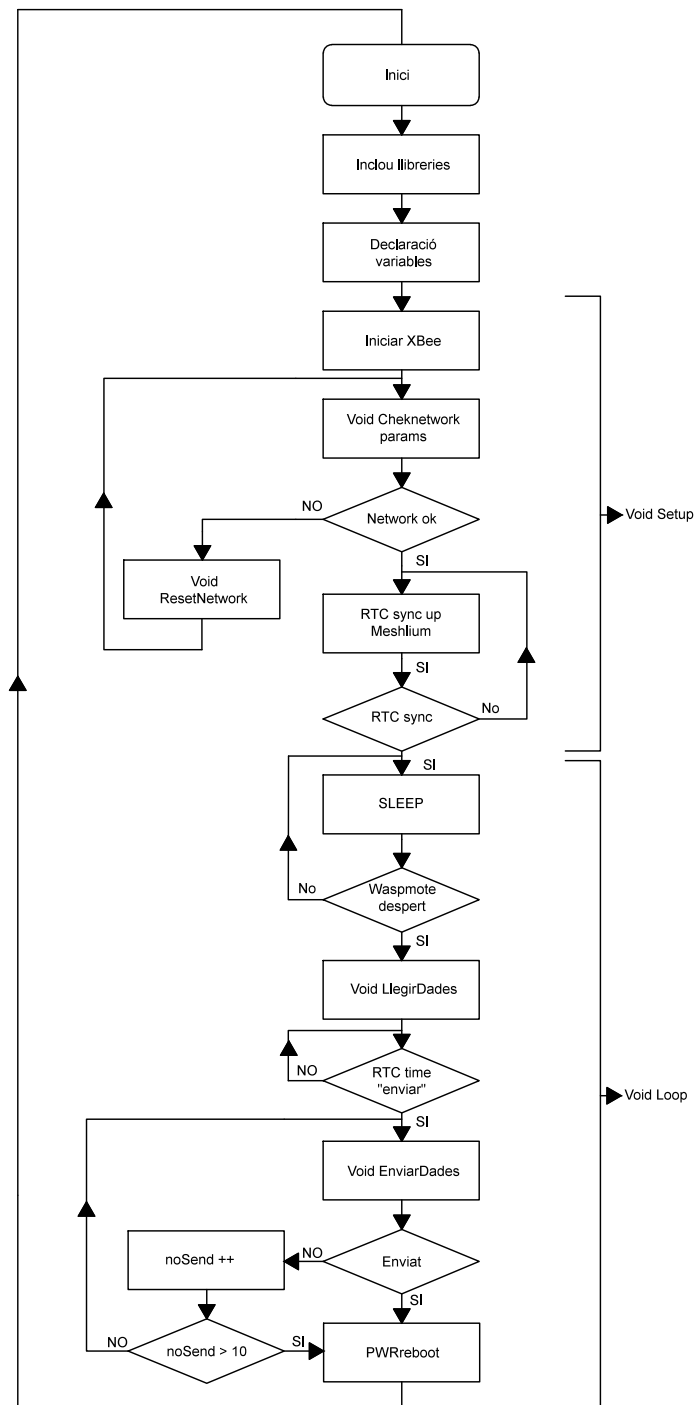


Figura 38. Digrama programa principal

9.2 Programes específics waspmotes.

Tot i que el codi segueix l'estructura anterior, cal afegir que cada node té una part específica en la funció "void loop" i algunes configuracions preliminars en el "void Setup".

Aquest últim s'encarrega de preparar els paràmetres per la configuració de les plaques de sensors. Crear la connexió entre waspmote i el XBee, obtenir la direcció MAC com a identificador del XBee i establir una sincronització de la RTC amb Meshlimum. Per últim configura les alarmes de RTC i el WTD (només amb els dispositius necessaris).

Els següents subapartats s'explica per a cada node com funciona l'arquitectura del "void loop" i com treballen durant el temps que adquireixen.

9.2.1 Wasmote plaques esdeveniments

Les dues plaques d'esdeveniments tenen una configuració molt similar. Se li configura la RTC.Alarm1 a 7 minuts i també l'entrada del PIR s'habilita com a interrupció externa, ja que la major part del temps es troba en un estat de repòs i així minimitzar el consum de la bateria. Llavors, si algú passa s'activa la interrupció i registre el moviment d'aquella persona, a continuació torna a mode repòs. Passat els 7 minuts, s'activa el "flag" de la RTC.Alarm1 i comença adquirir la resta de sensors. Quan acaba espera a que sigui l'hora per enviar al col·lector de dades.

9.2.2 Wasmote Gasos

El waspmote de gasos té un funcionament similar l'anterior però en aquest cas no té configurat cap interrupció externa, simplement entra en estat de repòs que passat els 3 minuts és desperta i comença adquirir el nivell de CO₂ durant 3,5 minuts cada 500ms. Després atura el sensor de gas i llegeix la resta de sensors que té a la placa. A continuació comprova l'hora de la RTC, en aquest cas el minut, i si correspon, envia les dades. Aquesta placa permet aturar el sensor perquè no consumeixi tant, per mitjà de software. És a dir, només tindrem en "ON" el sensor que fem la lectura amb la placa anterior no es pot fer per software però si per hardware.

9.2.3 Wasmote Smart Cities

Aquest waspmote no entra en mode repòs, ja que adquireix constantment el so ambiental i fa un promig amb un càlcul logarítmic tal i s'ha esmentat en l'aparat 3.7. El temps de recollida del So es fa durant 10 min. Finalment, quan arriba l'hora d'enviar, llegeix els altres sensors que té en la placa, prepara el paquet, ho envia, i torna a començar de nou.

9.2.4 Wasmote Consum

És el més senzill de tots, simplement s'encarrega d'adquirir el valor d'intensitat per a cada fase durant els 10 min, tot seguir fa una mitjana i calcula la potència per a cada fase. El temps d'adquisició per fase és d'un segon, és a dir, cada segon les tres fases. A continuació calcula el consum en Wh d'aquest tram de temps de 10 min i per acabar suma les tres fases i envia el resultat total.

9.2.5 Wasmote comptador de persones

El codi comptador de persones està basat en una màquina d'estats. En ell és fa servir el WTD com a temporitzador i la RTC per comprovar l'hora i enviar les dades quan toca. Aquest node no reposa mai ja que sempre està llegint les entrades "d" i "e" (nomenclatura en el programa) sensor de sortida i sensor d'entrada respectivament representats en la figura 39. Aquestes entrades són la que vénen dels relés i l'activació d'aquests prové dels sensors IR.

Un cop fet el comptatge és fa el càlcul de la mitjana de persones que hi ha treballant tal i com s'explica en l'apartat 3.4 d'aquest projecte. Cada vegada que entra o surt una persona el valor "tot" (nombre de persones a l'interior del laboratori en aquell instant) és guarda a la EEPROM amb direccions diferents, formant una matriu d'una sola fila (array). Quan arriba l'hora d'enviar, fa la mitjana de les dades fent la suma de tots els valors que hi ha en cadascuna de les direccions de la EEPROM(cada columna de la array d'una fila) i es divideix per el numero de entrades i sortides que hi ha hagut (numero de columnes de la array fetes servir). Un cop això s'envia les dades del resultat.

La figura 39 detalla el diagrama de flux de la màquina d'estats, que es troba en el "void loop" del waspmote de comptador de persones.

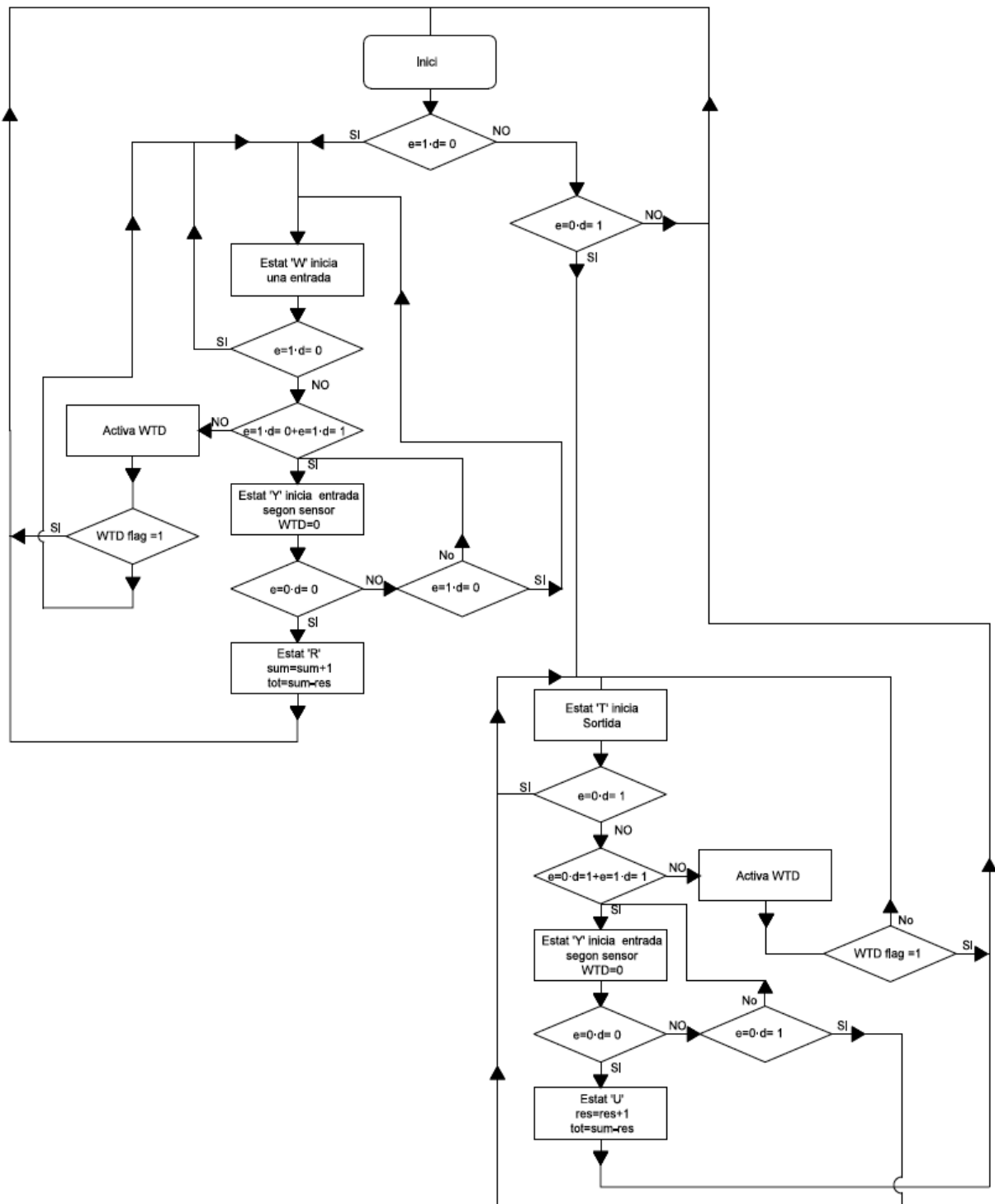


Figura 39. Diagrama de flux comptador de persones

9.3 Modificacions dels Frames.

Les llibreries que s'han modificat són: "WaspFrame.h" i la "WaspFrame.cpp", aquestes modificacions que s'han dut a terme són per poder enviar la trama que mostra la de la figura 40, la figura 36 i la taula 5 del capítol 8.

17-05-16 17:30:10	1	4102ECB6 408421217	128	1	STR	26.13;84.56;1;1;1;0;0;52
17-05-16 17:30:09	1	40F6993B 0	128	93	STR	0;1;99

Figura 40. Frames

Si s'observa la figura 40, en l'última columna es pot veure com s'envien les dades agrupades separades per ";", i el tipus de "frame" "string" per això surt el STR. Quan es crea el "frame", aquest està format per "integers" i "floats" depenen del tipus de variable que ha d'adquirir, però l'enviament del paquet és un "string" i els valors extrets a posteriori també.

El com s'ha fet, està descrit en els comentaris d'aquestes llibreries (adjuntades en el CD de l'annex C), allà es pot veure els canvis realitzats. S'ha de tenir en compte que s'han de modificar els dos arxius el ".h" i el ".cpp". Hi ha diversos tipus de frames creats, un de 7 i 8 valors per les plaques d'esdeveniments i un altre de 6 valors per a les plaques de gasos i smart cities, tal com indica la taula 5 del capítol 8 apartat 4.

10. APLICACIÓ MATLAB

L'última part del procés és el tractament, la gestió i la visualització de les dades. En aquest desplegament de sensors, una monitorització és d'utilitat, per tant, Matlab com a eina de gestió i tractament per desenvolupar algoritmes és útil. A partir d'aquí es desenvolupa una petita aplicació que permet visualitzar i descarregar les dades al Workspace de Matlab.

Aquesta interfície gràfica s'ha realitzat amb la GUI de Matlab i connecta amb la base de dades que hi ha en el servidor, capítol 8. La connexió d'aquesta d'aquesta aplicació amb la base de dades es realitza mitjançant un connector anomenat "mysql-connector-java-5.127.bin.jar", és un connector (path) gratuït que s'ha de tenir per crear la connexió i enviar comandes a mySQL a través de Matlab.

Aquest connector de java està en la mateixa carpeta on es troba l'aplicació, així que en el moment d'executar l'aplicació i polsem el botó "Connect DB" interpreta les query (comandes MYSQL) adequades per crear la connexió a partir de la direcció IP, usuari i contrasenya que li permetrà l'accés a la base de dades.

La funció principal d'aquesta aplicació és gestionar les anomenades "query" que varien en funció de l'opció triada en els desplegable de la figura 42. Els desplegable estan basats en la taula 5 del capítol 8 apartat 5 d'aquest document, on gràcies al ";" de les trames i el identificador de cada waspmote seleccionem cada valor que desitgem.

La query més utilitzada en el programa és basa en triar una posició del sensor i del node triat. Un cop seleccionat la posició d'aquest valor, s'extreu una columna amb el timestmap i una columna del valor del sensor seleccionat dins del període seleccionat, obtenint com a resultat una matriu de dues columnes valor i timestamp d'aquest període de temps.

10.1 Interfície

La creació de la interfície GUI, es realitza mitjançant un entorn de programació gràfic, on és col·loquen els botons i axes (imatges o gràfiques) tal i com mostra la figura 41.

Un cop distribuït, les funcions del programa es realitzen amb codi Matlab i és programa des de l'entorn Matlab on se li assigna a cada botó quina funció ha de fer.

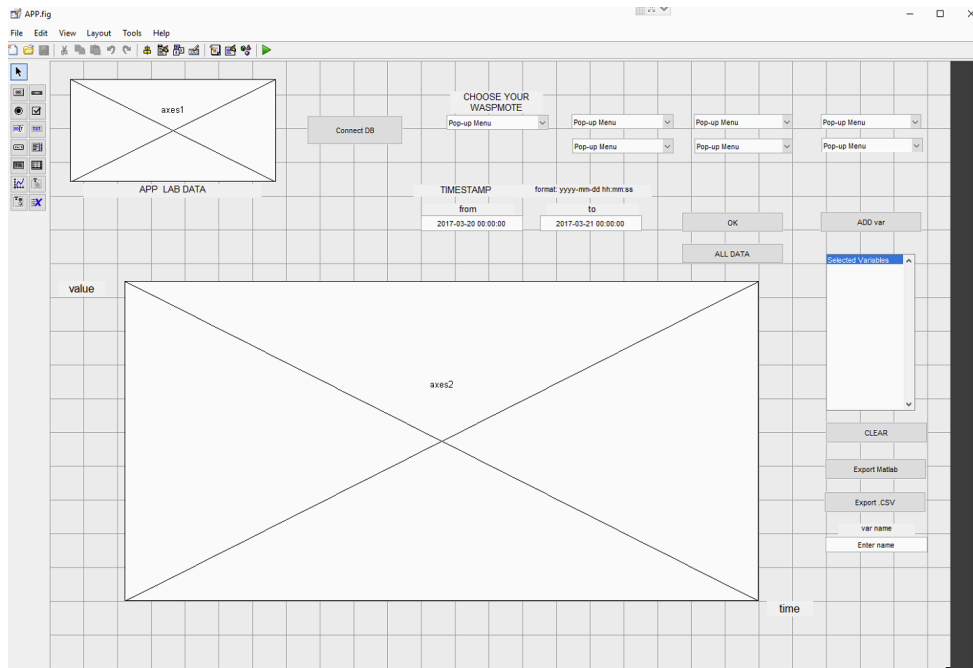


Figura 41. Entorn de creació gràfica GUI

Com a resultat d'aquesta visualització és pot veure com es aquest el resultat final de la pantalla principal d'aquesta aplicació en fase beta. Es pot observar com hi ha executat la variable temperatura exterior del waspmote de gasos. S'escull la data i genera la gràfica.

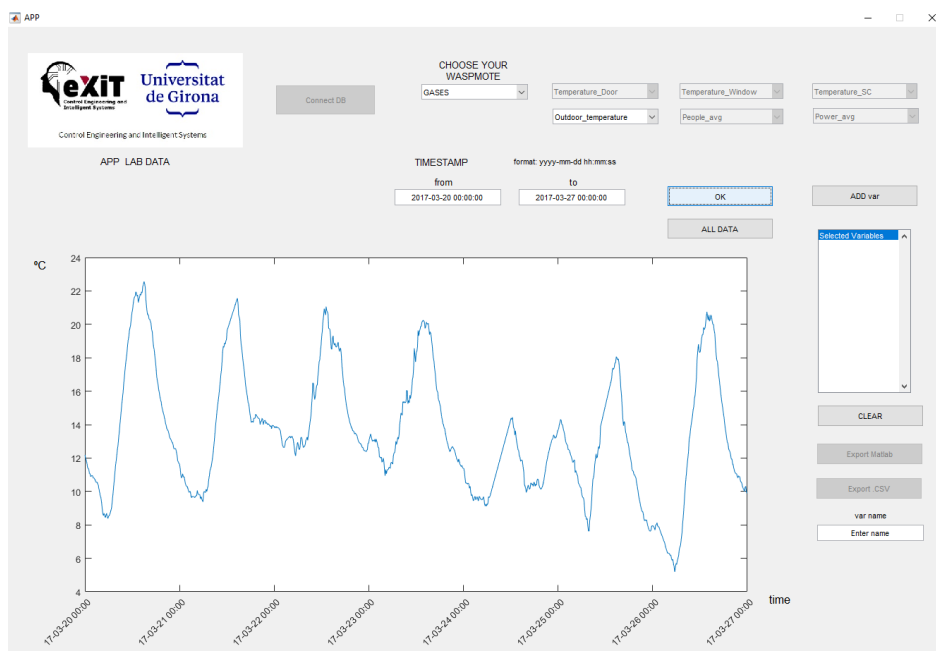


Figura 42. Pantalla principal app Matlab

11. RESUM DEL PRESSUPOST

Per a la realització d'aquest projecte s'ha tingut en compte la utilització de components accessibles d'una manera fàcil i econòmica pel que fa a les plaques de sensors dissenyades. En general els preus dels materials i les hores s'han ajustat al màxim possible, per poder dur a terme un projecte econòmic, tot i que cal dir que els preus de Libelium són elevats però el seu producte és el més òptim per aquest projecte.

El cost de la realització pràctica d'aquest projecte és de cinc mil set-cents noranta-set euros amb seixanta, sense IVA.

12. CONCLUSIONS

Un cop realitzat el projecte i veient el resultat obtingut, es pot afirmar que s'han aconseguit els objectius plantejats pel projecte. S'ha realitzat un disseny de la xarxa sense fils i el correcte desplegament dels sensors així com l'efectivitat de la seva programació i optimització per enviar i gestionar les dades. Totes aquestes han estat comprovades amb equips calibrats i homologats per tal d'afirmar el seu correcte funcionament.

Com que en el món de tractament de dades canvia constantment i en funció de les necessitats o de nous projectes, el sistema desplegat es pot adaptar a nous reptes o canvis sense necessitat d'un cost molt elevat. Augmentar els punts de mesures en alguns equips ja instal·lats pot ser difícil, ja que s'ha aprofitat molt, però afegir nous equips amb aquesta configuració, no. A més, aquest projecte mostra el disseny de la placa del mesurador de corrent donant pas a poder ampliar la captura de dades de consum en l'equip instal·lat o també configurar-ne un de nou per tenir noves mesures de corrent en altres punts interessants.

Finalment la visualització de les dades a través de la interfície Matlab donarà facilitat a les persones que treballin amb aquesta plataforma sigui per visualitzar-les o per obtenir-les per treballar amb altres plataformes.

Rubèn Almansa Pastor,

Graduat en Enginyeria Electrònica i Automàtica Industrial

Girona, 17 de maig del 2017

13. RELACIÓ DE DOCUMENTS

Els documents del projecte són: memòria, plànols, plec de condicions, estat d'amidaments i pressupost.

14. BIBLIOGRAFIA

Burton A. , Bing D. , Sensor-based occupancy behavioral pattern recognition for energy and comfort management in intelligent buildings. Eleventh International IBPSA Conference , Glasgow, Scotland, 2009.

Catalina, T. , Virgone, J. , Kuznik, F. Evaluation of thermal comfort using combined CFD and experimentation study in a test room equipped with a cooling ceiling. Building and Environment 44 (2009) 1740–1750

Fernando E. Valdés Pérez, Ramón Pallàs Areny. Microcontroladores Fundamentos y aplicaciones con PIC. Marcombo. Barcelona. 2007.

Lavagno, L , Lazarescu ,M.T, WSN- and IOT-Based Smart Homes and Their Extension to Smart Buildings. 15, 10350-10379; doi:10.3390/s150510350 2015

Libelium Technical Overview. (<http://www.libelium.com/products/waspmote/overview/>, 15 de gener 2017)

Malvino Albert Paul, Principios de Electrónica, sexta edició, Mc Graw Hill, 2000

Matlab documentation (https://es.mathworks.com/help/matlab/index.html?s_tid=gn_loc_drop, 25 d'abril 2017)

MySQL Documentation. (<https://dev.mysql.com/doc/>, 30 de març 2017)

RASHID, M. Electrónica de potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones. Ed. Prentice-Hall. España. 1996.

Texas Instruments products. (<http://www.ti.com/product/LM358>, 25 de febrer 2017)

15. GLOSSARI

AP: (Acces Point) punt d'accés.

AC: Corrent Altern.

BBDD: Banc de Dades.

CO₂: Diòxid de Carboni.

EEPROM: (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) memòria programable.

EMF: (Electromagnetic Field) força electromagnètica.

GUI: (Graphical User Interface) interfície gràfica d'usuari.

LDR: (Light Dependent Resistor) fotoresistor.

MAC: (Media Acces Control) direcció d'un dispositiu amb control d'accés.

PAN: (Personal Area Network) és l'identificador de la xarxa personal.

PIR: (Passive Infrared) detector passiu infraroig.

POE: (Power Over Ethernet) alimentació amb ethernet.

RTC: (Real Time Clock) rellotge en temps real.

TPF: (True Power factor) factor de potència verdader.

USB: (Universal Serial Bus) port de dades sèrie universal.

WDT: (Watchdog Timer) Gos guardià.

A. ESTUDI DE LES VARIABLES DE CONSUM

En aquest annex s'exposa l'estudi que es va dur a terme de la captura de dades de consums, durant 24h amb el Datalogger (Dranetz Power Explorer PX5) en el laboratori. Tenint en compte que les jornades són molt similars al llarg de la setmana, amb 24 h és suficient. Aquest estudi és per confirmar les dades de voltatge i $\cos\theta$. L'equació 6 de l'apartat 3.9 d'aquest present document, amb excepció de la intensitat que és la que és mesura amb toroidal i la placa dissenyada.

Es realitza unes mesures de voltatge, intensitat, potència i TPF (factor de potència verdader). Els valors que ens interessin bàsicament en son dos: el TPF i el voltatge. Són els valors analitzats amb més rellevància. S'estudia el TPF perquè conté els harmònics i és la ràtio real de la potència activa respecte de l'aparent. Les figura 43 que s'exposen a continuació mostren les característiques del voltatge.

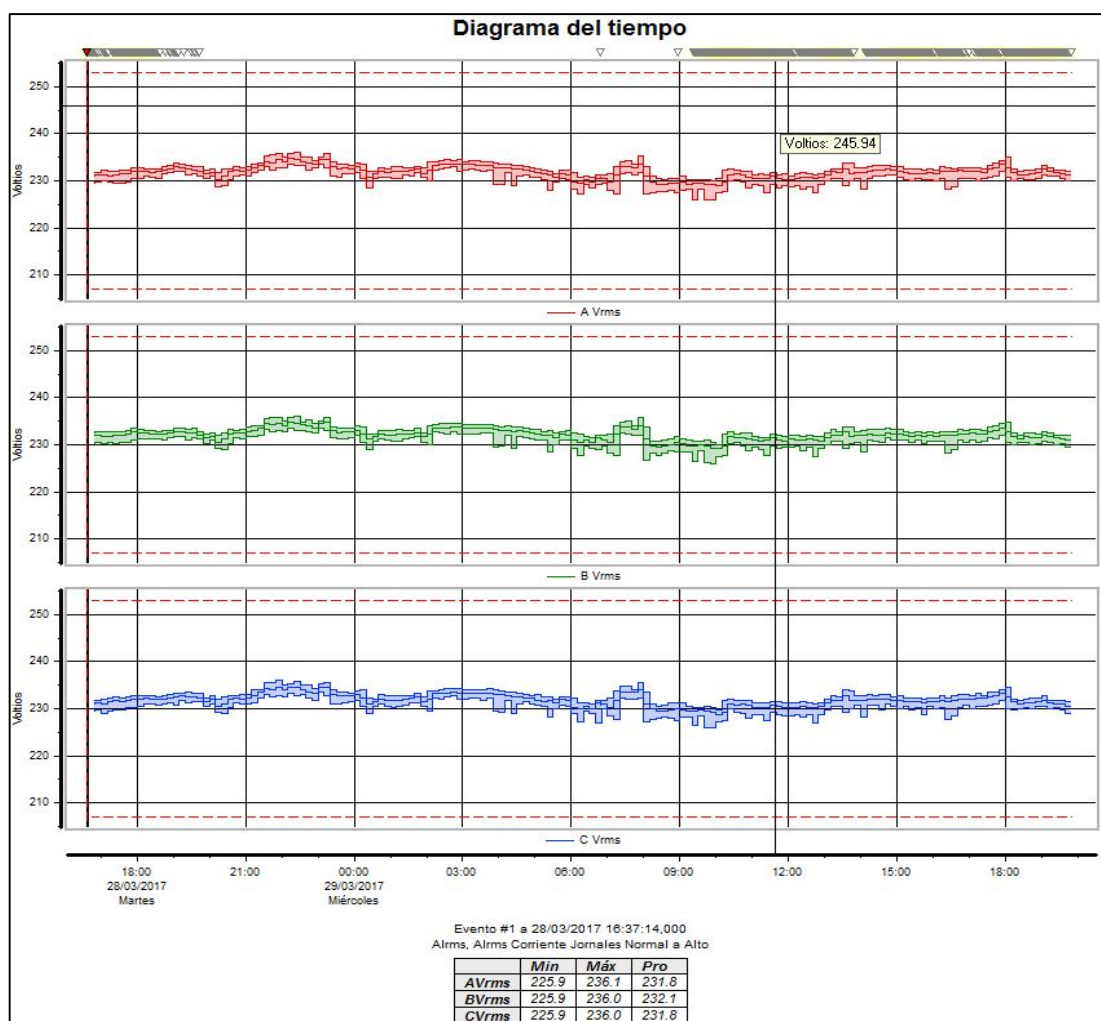


Figura 43. Comportament del voltatge

De la figura 43, obtenim com a resultat una mitjana de voltatge de 232V per a cadascuna de les fases. No cal ser tan precisos en aquest aspecte però si el més ajustat, per tant, considerar aquest valor és suficient. La figura 44 és semblant a la anterior però aquesta vegada amb el factor de potència verdader.

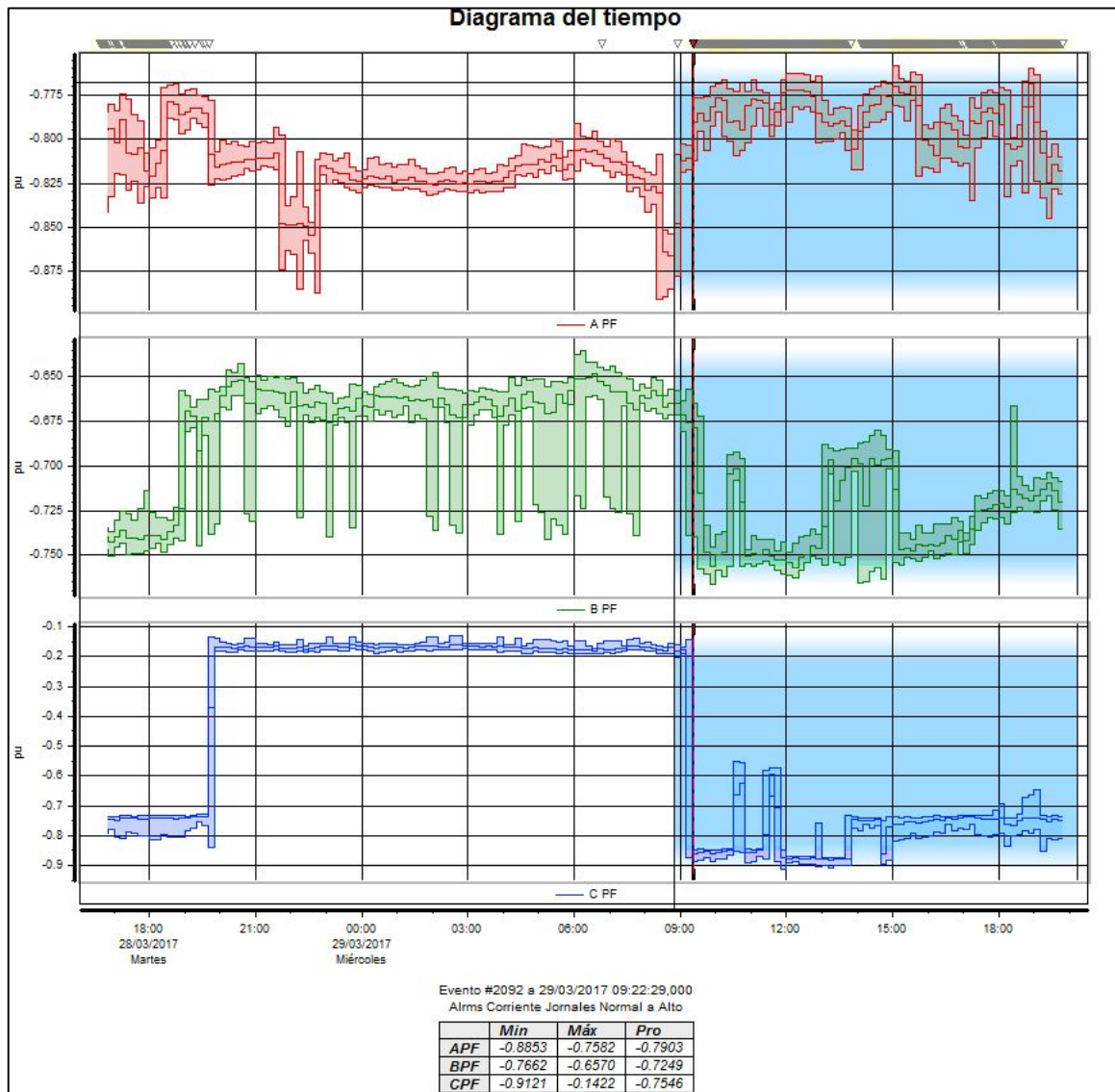


Figura 44. Comportament del FP

De la taula de la figura 44, l'última columna indica el valor mitjà del factor de potència per a cada fase A, B i C que es correspon al valor de R, S i T de cada fase respecte al neutre. El període marcat en blau és quan hi ha presència de gent al laboratori i és quan el consum augmenta. Per tant, els valors de factor de potència varien i els valors de la taula corresponen aquest període.

B. EXEMPLE DE DADES CAPTURADES

En aquest annex s'exposen alguns exemples dels resultats finals obtinguts sobre diferents mesures que es fan durant una setmana.

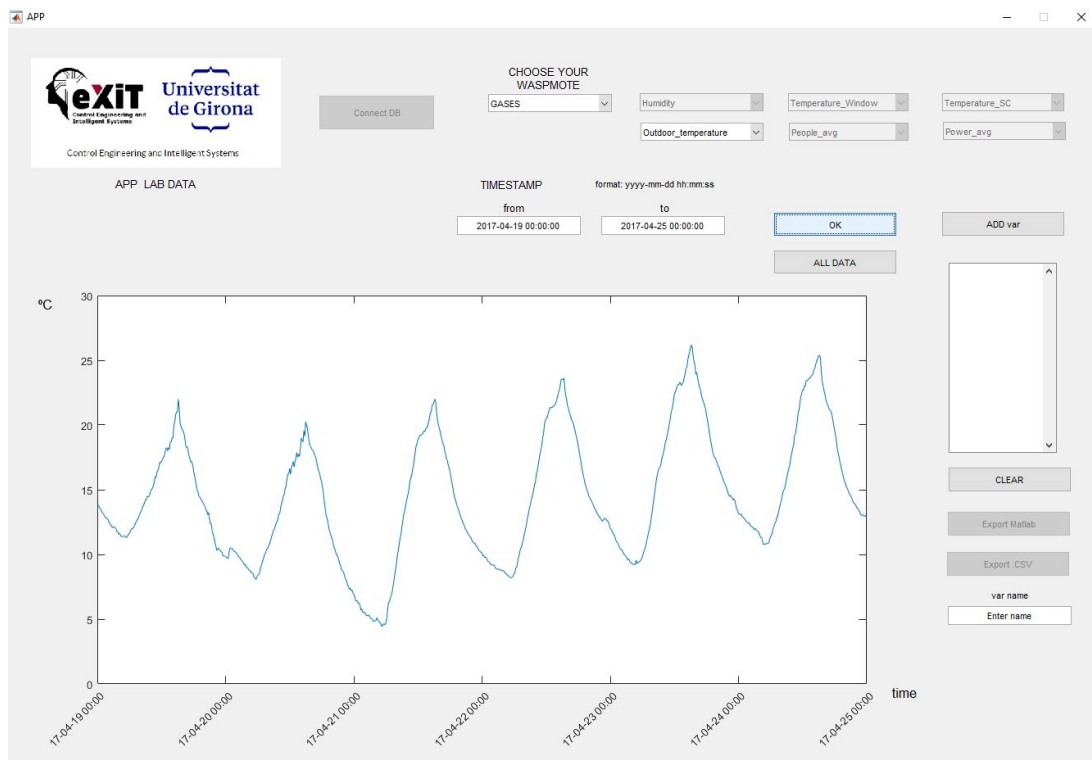


Figura 45. Temperatura Exterior

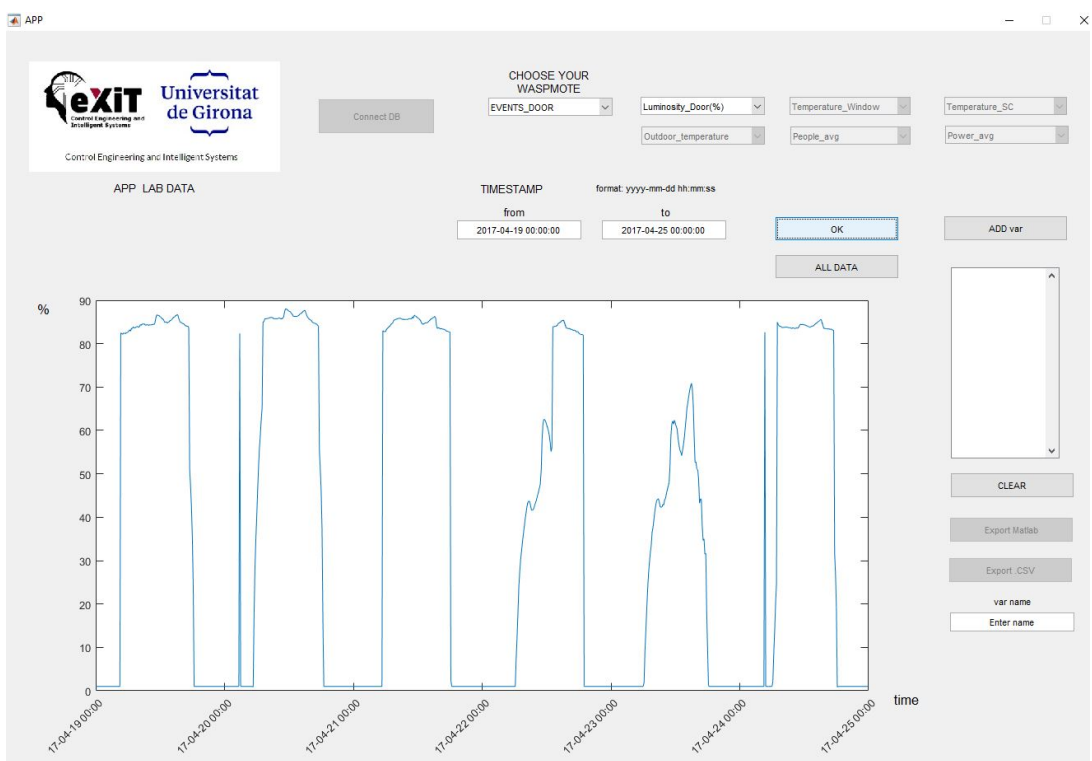


Figura 46. Nivell Lluminositat

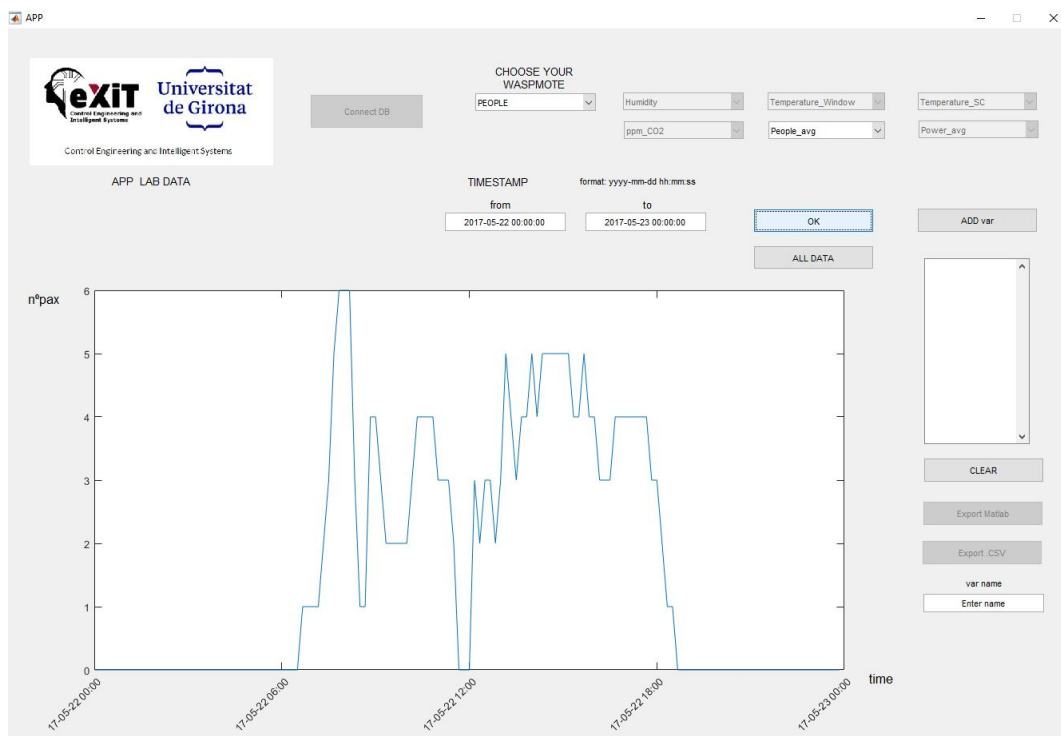


Figura 47. Comptador de persones



Figura 48. Nivell de soroll



Figura 49. Luxímetre

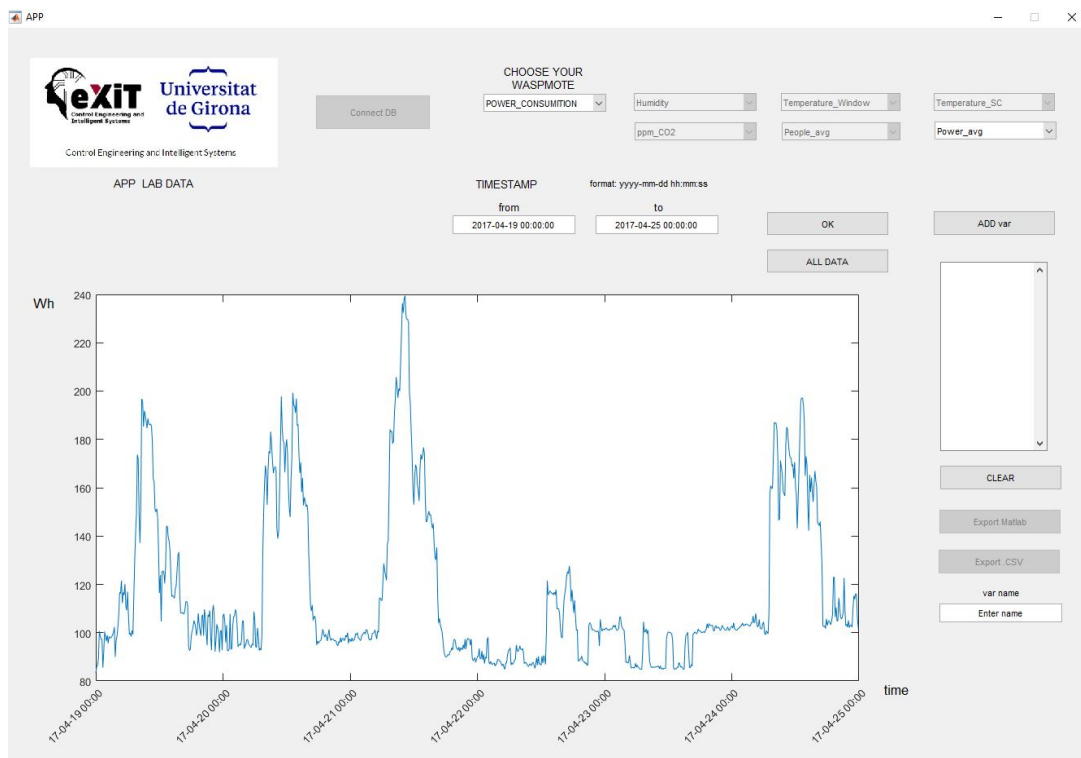


Figura 50. Consum

C. PROGRAMA

El codi del projecte s'ha desenvolupat en tres plataformes. La primera és la programació dels nodes amb l'entorn de programació "Waspnote PRO IDE v.04", la segona part és la base de dades basada amb un llenguatge de programació SQL i amb l'entorn de "phpmyAdmin" com a gestor d'aquesta. Per últim la tercera part del projecte és l'entorn de visualització de dades a través de Matlab. El CD que s'adjunta a continuació en l'annex C d'aquesta memòria conté aquests programes al detall. En l'adjunt digital d'aquest present projecte a la carpeta 1. Memòria\Programa també conté el codi.