



Memòria Treball Final de Grau

OpenIoT LabKit

Plataforma Oberta d'Internet de les coses per estudiants

Llorenç Moreno i de Nova
Grau Enginyeria Informàtica

Juan Ramon Esteban

4 de Gener de 2017



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 3.0 Espanya de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

FITXA DEL TREBALL FINAL

Títol del treball:	<i>OpenIOT LabKIT</i>
Nom de l'autor:	Llorenç Moreno i de Nova
Nom del consultor:	Juan Ramon Esteban
Data de lliurament:	01/2017
Àrea del Treball Final:	Administració de Xarxes i Sistemes Operatius
Titulació:	<i>Grau Enginyeria Informàtica</i>
Resum del Treball:	
<p>El projecte descriu el disseny i desenvolupament d'una Plataforma oberta per aprendre sobre Internet de les coses (IoT) al servei dels centres educatius secundaris.</p> <p>Aquesta plataforma OpenIoT LabKit està pensada per facilitar la creació de prototipus de IoT, dins el paradigma de Open Source a nivell de maquinari i programari, i amb un preu assequible inferior als 200€.</p> <p>Al principi del treball s'avaluen les diferents opcions disponibles en el mercat, tant de hardware com de software, per cobrir les funcionalitats d'una plataforma IoT. El hardware escollit per la plataforma OpenIoT LabKit es compon del kit SeedStudio Wio Link (amb un microcontrolador ESP8266 i un conjunt de sensors/actuadors), més una placa microprocessador Single-Board Computer SeedStudio BeagleBone Green Wireless.</p> <p>El software triat es compon per el Wio Link Server i la App de mòbil Wio per gestionar els sensors/actuadors, per la base de dades de sèries temporal InfluxDB, per el software d'orquestració Node-RED i finalment el Grafana com a dashboard per visualitzar les dades.</p> <p>Com a exemple d'ús real de la plataforma OpenIoT LabKit, s'ha realitzat un prototipus per donar resposta a la normativa legal de gestió energètica del edificis públics RD 1826/2009. Concretament és monitoritza la temperatura i la humitat relativa d'un edifici, i en cas que superi els límits establerts s'activa una alarma.</p>	

Abstract:

The project describes the design and development of an open platform used to learn about Internet of Things (IOT) which can be delivered as a service to high schools.

The platform is called OpenIoT LabKit and it is designed to facilitate the creation of IoT prototypes within the Open Source space, at the hardware and software level. At the same time, it can be acquired for an affordable price of less than 200€.

At the beginning of the work we have evaluated various options available in the market, both hardware and software functionality which had to meet the requirements of a IoT platform.

The hardware consists of OpenIoT LabKit SeedStudio Wio Link kit (with a microcontroller ESP8266 and a set of sensors / actuators) plus a microprocessor Single-Board Computer SeedStudio BeagleBone Green Wireless. The software consists of the chosen Wio Link Server and a Mobile App to manage Wio sensors / actuators. When it comes to the database InfluxDB is used to handle data. Node-RED as an orchestration software and finally Grafana as a dashboard to view the data.

As an example of an actual use of the platform OpenIoT LabKit, a prototype has been developed to respond to the legal requirement for the management of public buildings energy RD 1826/2009. Specifically, it monitors the temperature and relative humidity of a building, and if it exceeds the thresholds established it activates an alarm.

Paraules clau:

IoT, OpenSource, OpenHardware, LowCost, Wio Link, ESP8266, BeagleBone, Node-RED, InfluxDB, Grafana

Índex general

1. Introducció	1
1.1 Context i justificació del Treball	1
1.2 Objectius del Treball	2
1.3 Descripció	3
1.4 Enfocament i mètode seguit	4
1.5 Planificació	5
1.6 Breu sumari de productes obtinguts	6
2. Plataforma OpenIoT LabKit	7
2.1 Introducció a Internet de les coses (IoT)	7
2.2 Arquitectura plataforma IoT	8
2.3 Estudi del maquinari per la plataforma OpenIoT	10
2.3.1 Maquinari Obert - Open Source Hardware (OSWH)	11
2.3.2 Estudi de Kits Educatius amb Microcontroladors	12
2.3.3 Single-Board Computers (SBC)	17
2.4 Estudi del programari per la plataforma OpenIoT	20
2.4.1 Moviment del Programari Lliure (Open Source)	20
2.4.2 Bases de dades de series temporals (TSDB)	21
2.4.3 Software orquestració	23
2.4.4 Software de monitorització i visualització de dades	24
3. Configuració de la plataforma	26
3.1 Hardware OpenIoT LabKit	26
3.1.1 Kit Microcontrolador Wio Link	26
3.1.2 Microprocessador SBC BeagleBone Green Wireless	27
3.2 Configuració Hardware OpenIoT LabKit	28
3.2.1 SBC BeagleBone Green Wireless (BBGW)	28
3.2.2 Microcontrolador WioLink.....	28

3.3	Software OpenIoT LabKit	29
3.3.1	Node-RED.....	29
3.3.2	InfluxDB	31
3.3.3	Grafana.....	31
3.4	Configuració Software OpenIoT LabKit	32
3.4.1	Configuració de Wio Link Server [26].....	32
3.4.2	Configuració de InfluxDB [28]	34
3.4.3	Configuració de Node-RED [29].....	35
3.4.4	Configuració de Grafana [30]	37
4.	Realització prototipus	38
4.1	Problemàtica cas real	38
4.2	Prototipus solució cas real	39
4.2.1	Introducció a la capa de sensors/actuadors.....	39
4.2.2	Introducció a la capa de bbdd i lògica/workflow	39
4.2.3	Introducció capa visualització	39
4.3	Configuració del prototipus per capes	40
4.3.1	Configuració capa sensors/actuadors.....	40
4.3.2	Configuració capa de bbdd i lògica/workflow	44
4.3.3	Configuració capa visualització.....	47
5.	Valoració econòmica	50
6.	Conclusions	51
6.1	Conclusions del projecte	51
6.2	Proposta de millores	51
6.3	Autoavaluació	52
	Glossari	53
	Bibliografia	54
	Annexos	56

Índex figures

Figura 1-1 Planificació inicial	5
Figura 1-2 Seguiment final	5
Figura 2-1 Internet of Things	7
Figura 2-2 Gartner IoT Solution Scope Reference Model [3].....	8
Figura 2-3 Capes lògiques OpenIoT LabKit	9
Figura 2-4 Logo OSHWA [4].....	11
Figura 2-5 Logo Arduino i Placa Arduino Uno Rev3.....	12
Figura 2-7 Elecrow Crowtail ESP8266 NodeMCU IOT Kit.....	13
Figura 2-8 Crowtail- ESP8266 NodeMCU	13
Figura 2-9 Seeedstudio Wio Link Deluxe Kit	14
Figura 2-10 Placa SeedStudio Wio Link.....	14
Figura 2-11 littleBits CloudBit starter kit.....	15
Figura 2-12 Logo Raspberry Pi i Placa Raspberry Pi 3	17
Figura 2-14 Logo BeagleBone i BeagleBone Green Wireless.....	18
Figura 2-16 Logo Olimex i Olimex Olinuxino A20 LIME.....	19
Figura 2-18 Logo FSF	21
Figura 2-19 GUI Web InfluxDB	22
Figura 2-20 Diagrama funcionament OpenTSDB.....	22
Figura 2-21 Arquitectura Prometheus	23
Figura 2-22 Logo Node-RED.....	23
Figura 2-23 Exemple dashboard grafana	25
Figura 2-24 Exemple dashboard Chronograf	25
Figura 3-1 Figura de les capes lògiques i el hardware associat.....	27
Figura 3-2 IDE Node-RED.....	30
Figura 3-3 Figura de les capes lògiques i el software associat	31
Figura 3-4 GUI InfluxDB	35
Figura 3-5 Accés al Node-RED	37
Figura 3-6 GUI Grafana.....	37

Figura 4-1 Panell informatiu dades ambientals	38
Figura 4-2 Instal·lació App WIO	40
Figura 4-3 Registre usuari en el Wio Link Server	41
Figura 4-4 Afegir nou dispositiu Wio Link	41
Figura 4-5 Configurar accés Wifi al dispositiu	42
Figura 4-6 Configuració sensors i actualització firmware	42
Figura 4-7 Placa Wio Link amb els sensors/actuadors.....	43
Figura 4-8 Accés API Wio Link des de App.....	43
Figura 4-9 Flux Node-Red lectures sensors.....	45
Figura 4-10 Configuració Node Sensor Wio Link	45
Figura 4-11 Configuració Node function alta InfluxDB.....	45
Figura 4-12 Configuració node InfluxDB.....	46
Figura 4-13 Flux Node-Red visualització pantalla OLED.....	46
Figura 4-14 Pantalla OLED	46
Figura 4-15 Flux Node-Red lògica alarma.....	47
Figura 4-16 Dashboard Node-RED	48
Figura 4-17 Configuració data source en Grafana	48
Figura 4-18 Dashboard Grafana.....	49

Capítol 1

1. Introducció

Aquest treball descriu el disseny d'una plataforma tecnològica amb maquinari i programari) que anomenarem **OpenIoT LabKit**, per desenvolupar prototipus d'Internet de les coses (IoT) destinada als estudiants de l'educació secundària obligatòria (ESO).

Les principals característiques de la plataforma són:

- Plataforma Oberta: Només es fa servir programari i maquinari obert.
- Preu assequible.
- Facilitat d'ús, amb una corba d'aprenentatge reduïda.

D'aquesta forma la plataforma dissenyada permet minimitzar les dues causes principals de l'escletxa digital; la falta de recursos econòmics i la falta de formació tecnològica.

Dins el projecte s'inclou el desenvolupament d'un prototipus utilitzant el **OpenIoT LabKit** que permet donar compliment a la normativa legal d'estalvi energètic per edificis públics.

1.1 Context i justificació del Treball

Tot seguit s'expliquen els antecedents del projecte i la situació actual en diferents entorns.

- Entorn socioeconòmic:
Actualment estem en un context de crisi econòmica, amb una taxa d'atur important, especialment entre els joves. Des de les administracions s'està promocionant l'autoocupació i l'emprenedoria a través de diferents programes de formació i d'ajudes de tipus econòmic.
- Entorn tecnològic:
El món tecnològic actual evoluciona molt ràpid i s'ha creat una escletxa digital en un ampli sector de la població. Actualment estem immersos dins la 4^a revolució industrial on apareixen en escena noves tecnologies com la IoT, Impressores 3D, BIG DATA, etc..., que pot provocar que l'escletxa digital sigui cada cop més gran.

- Entorn educatiu:

Hi ha una demanda creixent de professionals en nous àmbits tecnològics. En els diferents currículums formatius de l'educació obligatòria s'està potenciant l'educació STEM amb diferents competències tecnològiques com la programació amb scratch, robòtica, arduino, etc..

La plataforma **OpenIoT LabKit**, es pot utilitzar dins la comunitat educativa, especialment dins l'assignatura de tecnologia de la ESO, donada la corba d'aprenentatge reduïda i la nul·la necessitat de disposar de coneixements previs d'electrònica ni de programació.

De forma paral·lela, també pot ser útil, dins els nous moviments participatius i personals com el Do-It-Yourself (DIY), Maker i ateneus de fabricació (FABLAB).

1.2 Objectius del Treball

Dins el treball s'han definit els següents objectius estratègics:

- Minimitzar barreres tecnològiques per a la comunitat educativa.
- Afavorir el desenvolupament de projectes docents dins l'àmbit de la IOT.
- Aprofitar l'ús de la tecnologia per impulsar el creixement econòmic dins aquest nou sector emergent.
- Foment de la innovació, la creativitat i l'emprenedoria entre estudiants, facilitant el desenvolupament de prototips.
- Contribuir a la construcció col·lectiva de coneixement gracies a l'ús del paradigma de codi obert.
- Facilitar el desenvolupament de materials educatius per escoles, activitats extraescolars, centres cívics i ateneus de fabricació.

Els objectius operatius concrets del projecte són els següents:

- Desenvolupar una plataforma de maquinari/programari per aprendre, crear i innovar sobre Internet de les coses (IoT), destinada al currículum formatiu de l'assignatura de tecnologia dins ESO.
- L' **Open IoT LabKit** estar compostat exclusivament tant maquinari com per programari lliure, dins paradigma OpenSource. De forma que els usuaris tinguin la llibertat per d'accedir a les fonts, estudiar-les, modificar-les, i fins i tot, distribuir-les.
- L' **Open IoT LabKit** ha de tenir un preu assequible de com a màxim de 200€, incloent les plaques electròniques i un conjunt bàsic de sensors i actuadors.
- Fer un prototipus funcional que respongui a la normativa legal d'estalvi energètic en els edificis públics (RD 1826/2009 [1]) .

1.3 Descripció

El treball dissenya i desenvolupa una plataforma per fer prototips dins el camp de IoT orientada a la comunitat educativa amb els següents requisits principals: que sigui assequible, que sigui oberta i que no calgui de grans coneixements de programació ni d'electrònica.

La plataforma dissenyada consta principalment de 3 capes lògiques:

- D'adquisició de dades i de gestió dels sensors/actuadors (capa d'interacció amb el món físic). També es pot utilitzar com a origen de dades altres sistemes d'informació.
- Una capa de gestió de dades on s'emmagatzemen i es processen les dades rebudes (capa de dades i lògica de negoci). Aquesta capa consta de diferents components; una base de dades per emmagatzemar les dades dels sensors i un sistema d'orquestració que permet definir les regles de negoci en forma de fluxos de missatges.
- La darrera capa és on les aplicacions exploten les dades per extreure coneixement i donar suport a la presa de decisions (capa de visualització, alertes). Aquesta capa consta d'un sistema de visualització i anàlisis de les diferents mesures dels sensors.

Els requeriments de la plataforma OpenIoT, i que estan alienats amb els objectius del projecte són:

- Tots els components de hardware i software han de ser codi obert (opensource).
- S'han d'utilitzar protocols estàndards que permetin la interoperabilitat amb altres sistemes informàtics.
- Els sensors i actuadors s'han de poder connectar i gestionar fàcilment, sense haver de soldar ni cablejar.
- Preu assequible inferior als 200€ inclosos tots els components.
- La plataforma ha de ser completa per si mateixa sense necessitat de serveis o sistemes de tercers externs a la mateixa.

Per dissenyar la plataforma s'ha realitzat un estudi de les diferents opcions a nivell de hardware i software que compleixen els requeriments anteriors.

El maquinari de la plataforma està compost per 2 dispositius electrònics:

- Un microcontrolador amb sensors/actuadors, que permet llegir les mesures dels diferents sensors i a més permet interacció amb el món real mitjançant actuadors. El microcontrolador és el responsable de la capa lògica d'adquisició de dades dels sensors i execució d'ordres als actuadors.
- Un microprocessador Single-Board Computer (SBC) que permet realitzar el emmagatzemament de les dades, gestionar les regles de negoci i la visualització de les dades monitoritzades.

El programari de la plataforma està compost per els següents elements:

- Un programari de gestió de sensors/actuadors
- Una base de dades de series temporals (TSBD),
- Un programari d'orquestració i workflow
- Un programari de monitorització i visualització de dades.

Com a cloenda del projecte es construeix un prototipus real utilitzant la plataforma dissenyada i desenvolupada. Concretament el prototipus dona resposta a la necessitat de monitoritzar diferents paràmetres ambientals com la temperatura i la humitat relativa dins els edificis públics, notificant oportunament en cas que es superin els límits establerts per la normativa legal (RD1826/2009).

1.4 Enfocament i mètode seguit

Per encarar amb èxit el projecte, en primer lloc, ha estat fonamental realitzar un aprenentatge sobre la tecnologia de IoT, com a pressa de contacte amb la tecnologia a utilitzar. En aquesta fase s'han adquirit els coneixements necessaris per tal de definir les diferents tasques futures a realitzar amb la seva planificació temporal.

Una vegada finalitzada la fase d'aprenentatge, s'ha pogut realitzar una planificació acurada del projecte amb un nivell de definició detallat de les diferents tasques a realitzar que donin respostes als objectius proposats.

Per facilitar el treball, s'ha dividit el disseny de la plataforma per capes. Per cadascuna de les capes que componen una plataforma IoT, s'ha realitzat un anàlisi comparatiu de les diferents solucions disponibles a nivell de hardware i software que complien els requisits del projecte.

Gràcies a aquesta divisió per capes s'ha pogut treballar en paral·lel i de forma independent en moltes de les tasques.

Finalment s'ha comprovat la interoperabilitat correcta entre totes les capes gràcies a la utilització de protocols estàndards de comunicació com HTTP.

1.5 Planificació

A continuació es presenta la planificació temporal de les tasques, comparant la que es va planificar a l'inici del projecte amb la realització de les tasques al final del projecte.

Planificació inicial

Cronograma de tasques que es va planificar a l'inici del projecte:

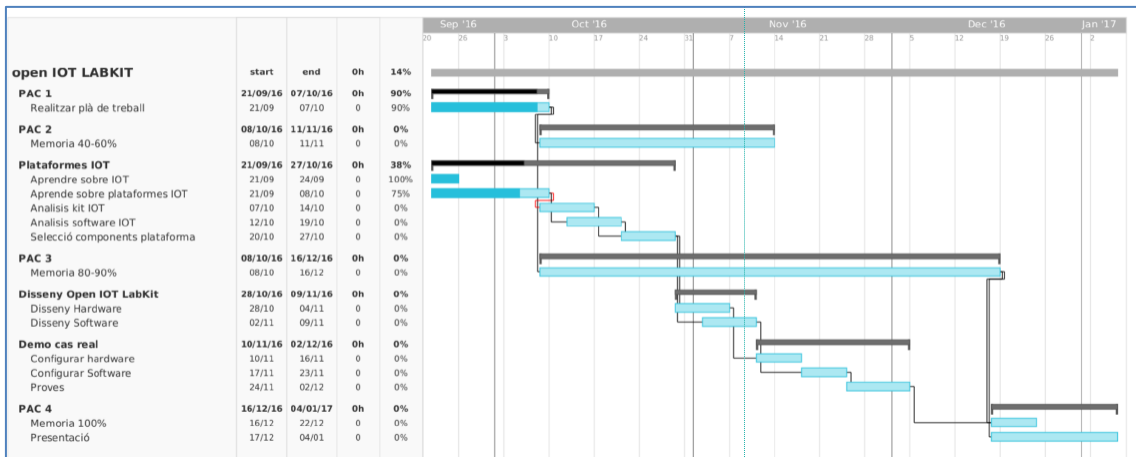


Figura 1-1 Planificació inicial

Seguiment final

Cronograma de tasques que finalment s'han realitzat:

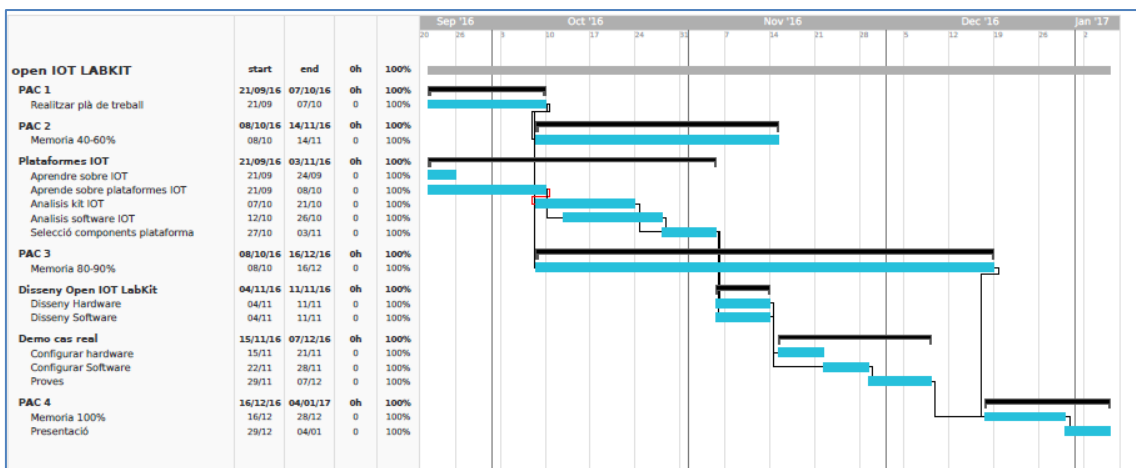


Figura 1-2 Seguiment final

Cal remarcar les següents desviacions respecte a la planificació inicial:

- La tasca de anàlisis de kits IoT s'ha perllongat una setmana més de la prevista, passant de data de finalització del 14/10 al 21/10.
- De la mateixa manera la tasca de anàlisis de software de IoT també s'ha allargat una setmana més, passant del 19/10 a 26/10.
- La resta de tasques que són dependents d'aquestes s'ha endarrerit en conseqüència també una setmana. Cal remarcar que en la planificació inicial s'havien deixat de coixí dues setmanes per a possibles desviacions.

Donat l'amplitud de les possibilitats de IoT i les limitacions de temps de cara a l'entrega del treball, s'ha modificat l'abast del programari IoT a utilitzar en la plataforma. Es deixa per més endavant, com proposta de millores, l'estudi, anàlisis i implementació de programaris complexos d'analítica de dades i d'intel·ligència de negoci.

1.6 Breu sumari de productes obtinguts

Els productes obtinguts al finalitzar el treball són dos:

1. Per un costat tenim el disseny i la implementació completa de la plataforma OpenIoT LabKit, que inclou el maquinari i el programari. En aquest punt s'inclou a part del disseny lògic i físic, totes les instruccions necessàries per la seva instal·lació i configuració.
2. El segon producte és un prototipus físic real, compost per un microcontrolador amb sensors de temperatura i humitat, a més d'una pantalla OLED i una botzina sonora. El prototipus també inclou un microprocessador Single-Board Computer (SBC) per la gestió completa de l'aplicació de gestió energètica en edificis públics. Aquest prototipus completament funcional serà un exemple de la viabilitat de la plataforma dissenyada.

Capítol 2

2. Plataforma OpenIoT LabKit

En aquest capítol es veu la arquitectura de Internet de les coses i s'estudien les diferents opcions de maquinari i programari adequats per el projecte.

2.1 Introducció a Internet de les coses (IoT)

El concepte de IoT és el de la interconnexió de dispositius físics, vehicles, i altres “coses” amb electrònica, programari, sensors i actuadors, i connexió a xarxa, cosa que permet a aquests objectes recollir i intercanviar dades [2].

Actualment s'utilitza el terme IoT de forma genèrica per denotar la connexió avançada de dispositius, sistemes d'informació i serveis relacionats, que abracen una ampla varietat de protocols, dominis i aplicacions. El terme IoT no està relacionat amb cap tecnologia concreta sinó que s'utilitzen un gran nombre de les tecnologies existents.

Les “coses” o dispositius, es connecten a la xarxa per enviar informació, que obtenen mitjançant sensors i també per interactuar amb el món a través d'actuadors.

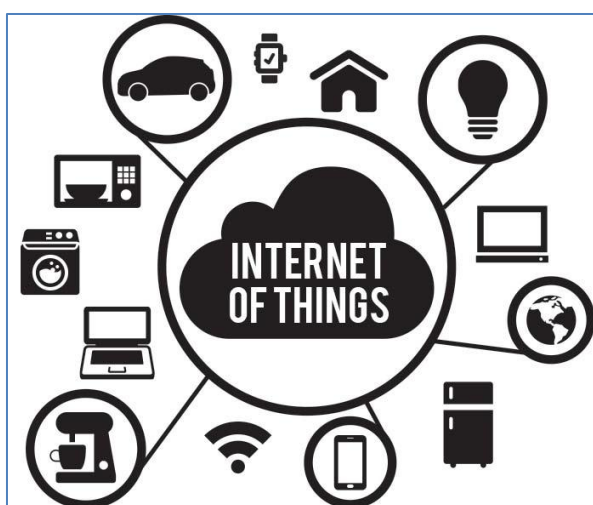


Figura 2-1 Internet of Things

2.2 Arquitectura plataforma IoT

El primer component de IoT, son les “coses”, els elements físics com ara una rentadora, un caixer automàtic, un motor, etc.. Per controlar i monitoritzar aquestes “coses” necessitem uns dispositius amb sensors i actuadors, més una capacitat de procés i comunicació, que anomenarem IoT Endpoints.

Els IoT Endpoints inclouen hardware i software per connectar-se al món. De IoT Endpoints podem trobar de molts tipus i amb diferents capacitats de procés, emmagatzemament i comunicació. Dins els IoT Endpoints trobem també els Gateways que permeten obtenir informació agregada de diferents dispositius simples i permet la comunicació amb la resta de mòduls d'una plataforma IoT [3].

Es defineix una plataforma IoT com una suite de maquinari/programari que facilita les operacions dels dispositius IoT Endpoints amb els serveis del núvol o altres serveis empresarials [3]. Les funcions que realitza una plataforma de IoT són les següents:

- Aprovisiona i gestiona el dispositius IoT Endpoints.
- Monitoritza els fluxos d'events i dades IoT.
- Permet un anàlisi especialitzat i el desenvolupament d'aplicacions.
- Interacciona amb els sistemes TI back-end.

Les diferents funcions d'una plataforma IoT es poden distribuir i executar a prop dels dispositius o dins d'un núvol privat o públic.

La figura 2.2 mostra el diagrama de referència de Gartner sobre els diferents components dins una plataforma IoT i que permeten donar suport a una solució de negoci de IoT.

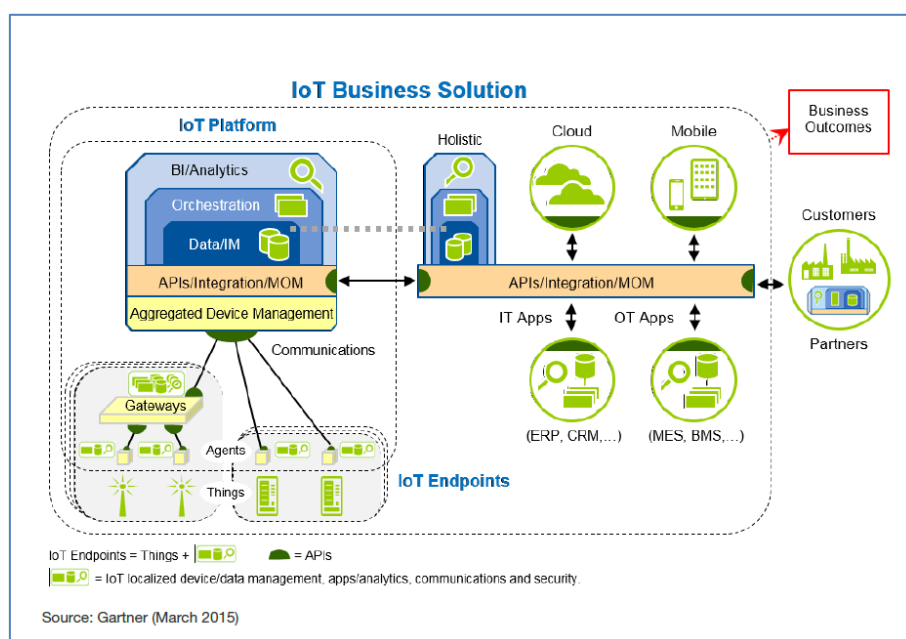


Figura 2-2 Gartner IoT Solution Scope Reference Model [3]

Capítol 2. Plataforma OpenIoT LabKit

Segons el model de referència de Gartner, una plataforma IoT està composta per diferents capes lògiques (citades de baix a dalt):

- Capa de gestió dels dispositius IoT Endpoints (Agents, Gateways).
- Capa de interconnexió/interoperabilitat amb capes superiors (APIs, Integration, MOM).
- Capa de magatzem de dades (Data/IM).
- Capa d'orquestració, regles de negoci, workflow (Orchestration).
- Capa de anàlisi i visualització (BI, Analytics).

Per el nostre treball agruparem els diferents elements en tres capes lògiques:

- adquisició de les mesures i gestió de sensors i actuadors (capa d'interacció amb el món físic)
- gestió de les dades on s'emmagatzemen i es processen les dades rebudes (capa de dades i lògica de negoci)
- explotació de les dades per extreure coneixement i donar suport a la presa de decisions (capa de visualització i anàlisi de dades)

En la figura 2.3 es mostra adaptat el diagrama anterior de Gartner, amb les capes lògiques de la plataforma OpenIoT LabKit.

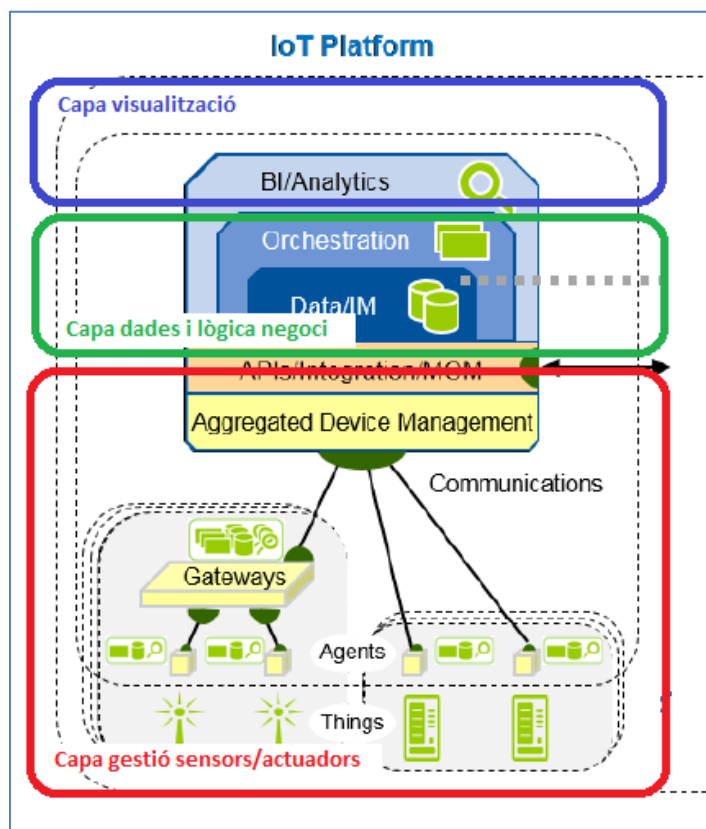


Figura 2-3 Capes lògiques OpenIoT LabKit

Aquestes capes es poden connectar mitjançant protocols propis de IoT com CoAp, MQTT o d'altres més genèrics com HTTP Rest i Websockets.

Per poder triar els elements hardware i software que s'inclouen en el disseny de la plataforma **OpenIoT LabKit**, s'han de tenir present els següents requeriments:

- Tots els components de hardware i software han de ser codi obert (opensource).
- S'han d'utilitzar protocols estàndards que permetin la interoperabilitat amb altres sistemes informàtics.
- Els sensors i actuadors s'ha de poder connectar i gestionar fàcilment i el disposar de connexió wifi.
- Preu assequible.
- La plataforma ha de ser completa i independent, sense necessitat de serveis o sistemes externs propietaris.

2.3 Estudi del maquinari per a la plataforma OpenIoT

En aquest apartat es mostra el concepte de maquinari lliure – Open Source Hardware (OSHW) i es realitza un estudi comparatiu de les diferents elements hardware més representatius del mercat adients per el projecte.

El procés de creació d'aplicacions IoT pot ser difícil i frustrant pels estudiants, donat que implica disposar de coneixements d'electrònica, de programació de microcontroladors, de xarxes de comunicació, de protocols IoT (HTTP, MQTT, Websockets) i de programació d'aplicacions web.

Aquest treball vol facilitar la manera de construir prototips IoT als estudiants. Per això s'han analitzat diferents kits educatius que suposin un corba d'aprenentatge reduïda i no impliquin tenir coneixements d'electrònica ni programació de microcontroladors, tenim present en la comparativa els requeriments per la plataforma OpenIoT LabKit; fins educatius, hardware/software opensource i un preu assequible.

L'estudi del maquinari inclou dos components:

- Kit educatiu compost d'un microcontrolador i un conjunt de sensors i actuadors. Ha de permetre realitzar diferents prototipus gràcies a l'ús dels diferents tipus de sensors i actuadors. El microcontrolador és el responsable de la capa lògica d'adquisició de dades dels sensors i execució d'ordres als actuadors.
- Un microprocessador Single-Board Computer (SBC) que inclou un sistema operatiu complet, multitasca i amb capacitat de processament i emmagatzemament. Aquesta placa ha de permetre la gestió de bases de dades, gestionar les regles de negoci i a la visualització de les dades monitoritzades.

2.3.1 Maquinari Obert - Open Source Hardware (OSWH)



Figura 2-4 Logo OSHWA [4]

Com a definició bàsica, poder dir que el hardware OSHW és aquell on el disseny és públic, de tal manera que sigui possible estudiar, modificar, distribuir, fer i fins i tot vendre, tant el disseny com el hardware basat en ell [4].

La definició formal de l' Open Source Hardware Association (OSHWA) està detallada en el següent enllaç <http://www.oshwa.org/definition/spanish/>

Actualment, no hi ha una definició ni una de certificació de open hardware àmpliament acceptada per la comunitat d'usuaris i fabricants. Aquest fet, l'han aprofitat molts fabricants per declarar els seus productes com a open hardware, quan realment no ho són, més per qüestió de màrqueting, que per implicació real en el moviment de Open Source.

Per al nostre treball, la diversitat de criteris de la comunitat sobre que és el Open Source Hardware ha dificultat la tria dels diferents dispositius electrònics.

Per realitzar l'estudi s'ha avaluat el grau de disponibilitat dels següents elements:

- Fitxers font editables per software CAD (KiCAD,Eagle,Altium,etc.) que incloguin els esquemes i la Board Layout.
- Llista del material, que inclogui tots els components necessaris.
- Publicació de la documentació amb llicència Open Source

2.3.2 Estudi de Kits Educatius amb Microcontroladors

Arduino

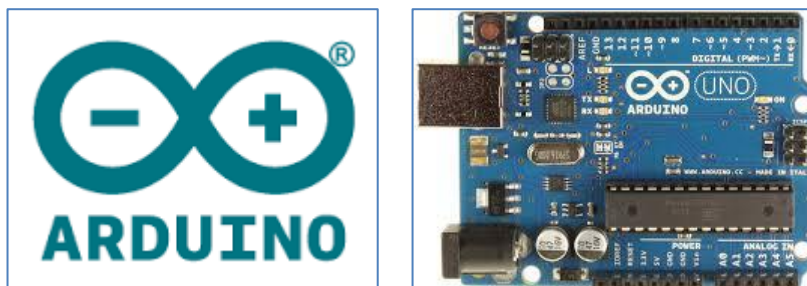


Figura 2-5 Logo Arduino i Placa Arduino Uno Rev3

Arduino és una plataforma de maquinari lliure i programari lliure, destinada principalment a la creació de prototipus.

El hardware de Arduino està compost per un microcontrolador, normalment Atmel AVR, ports digitals i analògics d'entrada/sortida. Els ports a part de permetre la connexió de sensors/actuadors, també fan possible la connexió amb altres plaques d'expansió anomenades Shields que amplien les funcionalitats de Arduino. Per exemple, hi ha Shields de connectivitat wifi, Zigbee i Bluetooth. Els diferents Shields segueixen la mateixa filosofia de Arduino: són fàcils de muntar i econòmics. Arduino disposa d'un port USB per l'alimentació i la comunicació amb un PC [5].

El software per Arduino inclou un entorn de desenvolupament (IDE) basat en l'entorn de Processing, un llenguatge de programació basat en Wiring, i un carregador d'arranc (bootloader).

La plataforma Arduino és potent per a tots tipus d'usuari, sense necessitat de tenir grans coneixements previs comparant amb solucions propietàries. Hi ha disponible molta documentació amb exemples i disposa del suport d'una gran comunitat a Internet.

Arduino Starter Kit és una proposta educativa per aprendre a utilitzar la plataforma Arduino. Aquest kit inclou; una microcontrolador Arduino Uno Rev3, sensors, actuadors i un llibre per guiar als principiants en les seves primeres passes amb l'electrònica [6].

Arduino és l'exemple més clar del moviment OSHW. Gràcies a la disponibilitat del disseny del hardware, com dels fonts del programari, ha permès que la plataforma Arduino augmenti de forma imparable, molt lluny de qualsevol solució propietària. Arduino ha posat les bases per molts productes derivats de hardware, com clons, shields, sensors/actuadors i suposant un èxit sense precedents.

Preu: Arduino Starter Kit + Shield Wifi : 129,80 €

Recursos OSHW: Schematics, Reference Design, Board size Eagle

<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

Elecrow Crowtail ESP8266 NodeMCU IOT Kit

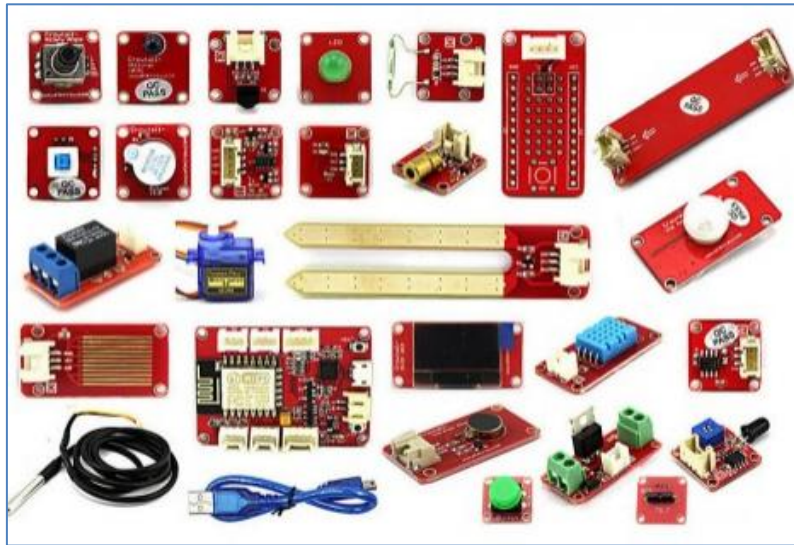


Figura 2-6 Elecrow Crowtail ESP8266 NodeMCU IOT Kit

La placa està composta per un xip ESP8266 NodeMCU i amb 6 connexions tipus Crowtail (1 port I2C, 1 port UART, 1 port analògic i 3 ports digitals). El kit inclou 27 tipus diferents de sensors i actuadors per connectar a la placa [7].

En el kit s'inclouen 19 lliçons documentades amb instruccions pas a pas per aprendre el funcionament de la placa i l'ús dels diferents sensors/actuadors.

Per programar la placa es pot utilitzar Arduino IDE o el NodeMCU Lua Programming.

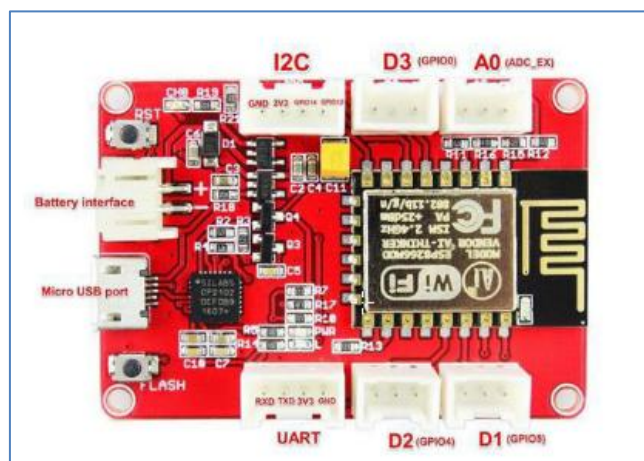


Figura 2-7 Crowtail- ESP8266 NodeMCU

En l'Annex 1 s'inclou la llista completa de sensors/actuadors inclosos en el kit

Preu: Elecrow Crowtail IOT Kit 75€.

Recursos OSHW: [Elecrow ESP8266 IOT Board Design files](#)

http://www.elecrow.com/wiki/index.php?title=File:ESP826_IOT_Board_v1.0.zip

Seedstudio Wio Link Deluxe Kit

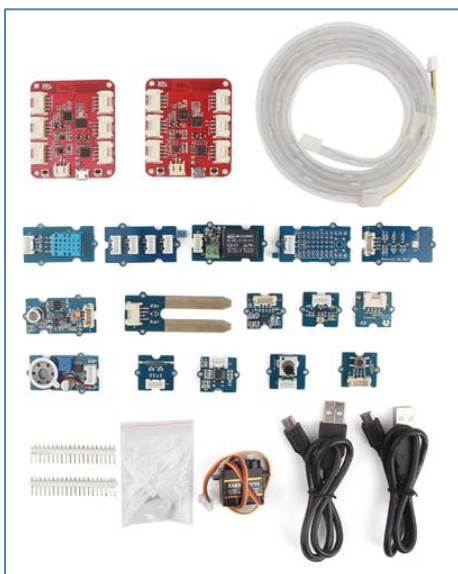


Figura 2-8 Seedstudio Wio Link Deluxe Kit

Aquest Kit està format per un ecosistema open hardware fabricat per Seeed [8], fabricant líder en solucions open hardware. Es tracta d'una placa electrònica amb un conjunt de sensors i actuadors del tipus plug&play i un servei web que permet la virtualització dels diferents mòduls mitjançant un API RESTful i una aplicació mòbil que permet configurar el dispositiu i realitzar crides a la seva API HTTP RESTful [9].

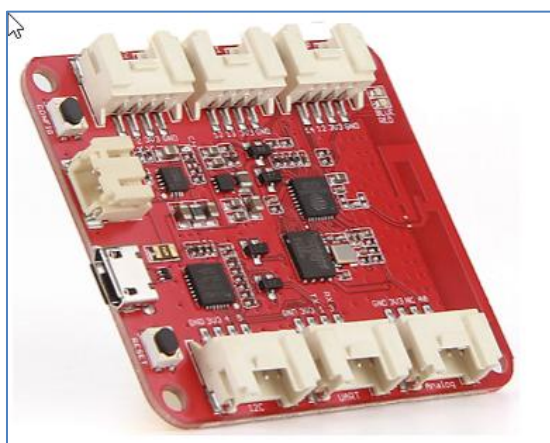


Figura 2-9 Placa SeedStudio Wio Link

La placa està basada en un SoC ESP8266 WIFI, una placa “System on Chip” amb microcontrolador i mòdul WiFi compatible amb el protocol 802.11b/g/n. És una placa que inclou 4 MBytes de memòria Flash. El firmware és actualitzable de manera inalàmbrica (OTA over the air).

Admet fins 6 mòduls amb un connector del tipus Grove (connector estàndard per facilitar la connexió i prototipat), tres són digitals, un analògic, un UART i un I2C, on es poden connectar sensors i actuadors d'un ampli catàleg [10]. En el l'annex 2 és detalla un kit complet amb dues plaques Wio Link i els sensors i actuadors més habituals del tipus Grove.

S'alimenta a través del microUSB amb un voltatge d'entrada de 5 V o bé per un connector de bateries entre 3,4 y 4,2 V.

El Wio Link Deluxe Kit inclou 2 plaques Wio link i 18 sensors [11].

Preu: Wio Link Deluxe Kit 114€

Recursos OSHW: http://wiki.seeed.cc/Wio_Link/#resource

Hardware:

- [EAGLE Schematic files](#)
- [EAGLE PCB file](#)
- [Schematic files\(pdf\)](#)

Software: [Source Code on Github](#)

littleBits CloudBit Starter Kit



Figura 2-10 littleBits CloudBit starter kit

littleBits són una sèrie de peces electròniques modulars que es connecten entre si mitjançant imants que permeten crear circuits complexos fàcilment, possibilitant a tot tipus de persones aprendre i familiaritzar-se amb l'electrònica. La mida de littleBits és petita però les possibilitats que ofereix per a makers, dissenyadors, hackers, estudiants i curiosos són infinites [12].

El kit Cloudbit de LittleBits permet realitzar projectes que connecten amb internet en segons. El kit inclou el mòdul Cloudbit i 6 dels mòduls més habituals que ja permetran realitzar un munt de projectes. És perfecte per a totes les edats i no es requereix ni programació, soldadures ni enormes cablejats. Activar un circuit/acció des del nostre mòbil allà on estiguem, rebre un SMS al mòbil mitjançant un botó o un sensor de LittleBits són algunes de les possibilitats. Hi ha l'opció d'utilitzar les receptes de la IFTTT podem fer un munt de prototipus com ara si algú prem un botó es rep un email al teu compte de Gmail, o a l'inrevés, o si algú fa un like a una foto teva d'Instagram s'executi una acció a LittleBits remotament.

El pack de CloudBit™ conté:

- 1 Alimentador USB
- 1 Cloudbit™
- 1 Led
- 1 Botó
- 1 Servomotor
- 1 Detector de so
- 1 Placa de muntatge
- 1 Adaptador d'USB + Cable

Preu: Kit littleBits CloudBit Starter Kit 96€

Recursos OSHW:

Hardware: [PCB layouts and schematics](#)

Software: [core operating system components, bootloaders](#)

Conclusions:

Encara que la plataforma Arduino, ha posat les bases per realitzar prototipus educacionals, és necessari disposar de coneixements d'electrònica i programació de microcontroladors, a més, si es suma el preu de la placa original, més una shield wifi i un conjunt de sensors/actuadors el preu s'incrementa, existint alternatives més fàcils d'utilitzar i més econòmiques.

La resta de kits analitzats tenen la característica principal que els sensors/actuadors es connecten fàcilment sense haver d'utilitzar protoboard ni la necessitat de soldar. El preu dels kits restants també es inferior respecte al kit de arduino.

El Microcontrolador Wio link disposa d'un característica molt important que el diferencia de la resta. Per facilitar el seu ús disposa d'una API per gestionar els sensors/actuadors de forma que no cal realitzar programació a nivell de microcontrolador i simplement realitzar crides HTTP, per aquesta raó es tria la placa Wio Link i el seu kit pel nostre projecte.

2.3.3 Single-Board Computers (SBC)

Donat que hi ha molta confusió sobre que és realment maquinari lliure, per la comparativa de plaques SBC s'ha basat en les següents referències on es detalla el hardware que compleix amb la definició OSHW mostrada en el punt 2.3.0 del present treball:

- https://libreplanet.org/wiki/Group:Hardware/Single_Board_Computers
- <https://wiki.debian.org/CheapServerBoxHardware?action=show&redirect=FreedomBox%2FTargetedHardware>

De les referències anteriors s'estudien les plaques BeagleBone i les plaques OlinuXino i es fa una menció de la Raspberry Pi.

Raspberry Pi

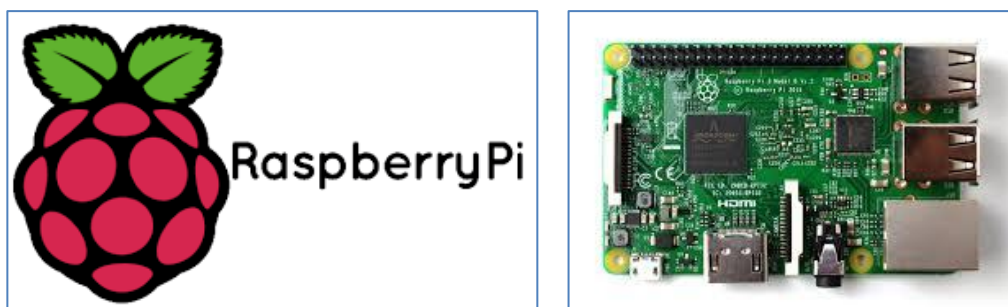


Figura 2-11 Logo Raspberry Pi i Placa Raspberry Pi 3

Raspberry Pi, és un miniordinador de la mida d'una tarja de crèdit. Desenvolupat per la Fundació Raspberry Pi amb l'objectiu principal de facilitar l'ensenyament de les noves tecnologies de la informació en les escoles. Es pot utilitzar per tasques més complexes que amb Arduino i es possible utilitzar llenguatges de programació d'alt nivell com Python, C++ i Java [13].

A més, Raspberry Pi incorpora uns port d'entrada/sortida d'ús general GPIO (General Purpose Input Output) que permeten interactuar amb el món físic de forma similar a Arduino.

No es pot fer un estudi de microprocessadors Single-Board Computer (SBC) sense mencionar la Raspberry Pi. Quan va aparèixer en el mercat va crear molta expectació per la seva potencia en una mida tant reduïda, però sobretot pel seu baix cost. Gràcies també a que fa servir programari lliure ha permès que tingui una gran comunitat de suport a Internet.

Podria ser un cas semblant a Arduino, però en comptes de ser a nivell microcontrolador, ser a nivell de microprocessador Single-Board Computer. És cert que és molt popular, que hi ha molta documentació i exemples, així com tot un seguit de hardware compatible que la complementa.

A diferència que Arduino, Raspberry Pi no és maquinari lliure segons la definició OSHW i per tant es descarta pel nostre projecte.

SeeedStudio BeagleBone Green Wireless (BBGW)

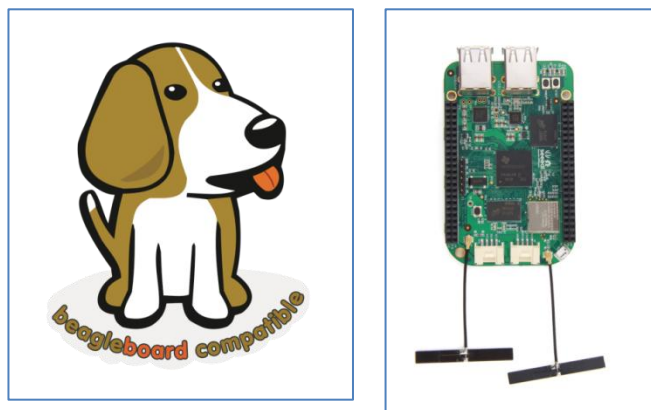


Figura 2-12 Logo BeagleBone i BeagleBone Green Wireless

BeagleBone, és una família de miniordinadors de maquinari lliure de la mida d'una tarja de crèdit, on es possible executar un sistema operatiu complet, multitasca com GNU/Linux i Android [14].

SeeedStudio BeagleBone Green Wireless (BBGW) és un esforç conjunt de les organització BeagleBoard.org i de Seeed Studio, ambdues compromeses activament en la promoció del maquinari lliure [15].

BBGW està basada en el disseny open source hardware de la BeagleBone Black amb un desenvolupament diferent. Concretament es diferencia de la placa original per que ha substituït el port ethernet i la connexió HDMI per una connexió wifi/bluetooth i ha incorporat dos connectors tipus Grove.

Característiques:

- Fully Compatible with BeagleBone Black
- Processor: AM335x 1GHz ARM® Cortex-A8
- 512MB DDR3 RAM
- 4GB 8-bit eMMC on-board flash storage
- 3D graphics accelerator
- NEON floating-point accelerator
- 2x PRU 32-bit microcontrollers
- Connectivitat:
 - USB client for power & communications
 - USB host with 4-port hub
 - WiFi 802.11 b/g/n 2.4GHz
 - Bluetooth 4.1 with BLE
 - 2x 46 pin headers
 - 2x Grove connectors (I2C and UART)
- Software Compatible:
 - Debian, Ubuntu
 - Android, Cloud9 IDE on Node.js w/ BoneScript library

Recursos OSHW: http://wiki.seeed.cc/BeagleBone_Green_Wireless/#resources

- [BeagleBone Green Wireless Schematic\(pdf\)](#)
- [SCH&PCB IN Allegro](#)
- [FCC certification](#)
- [CE certification](#)

Preu: SeeedStudio BeagleBone Green Wireless 43€

Olinuxino A20 LIME



Figura 2-13 Logo Olimex i Olimex Olinuxino A20 LIME

Open Source Hardware Embedded ARM Linux single board computer amb processador Allwinner A20 Dual Core Cortex-A7 [16].

Característiques:

- Allwinner A20 dual core Cortex-A7 processor, each core typically running at 1GHz and dual-core Mali 400 GPU
- 512MB DDR3 RAM memory
- SATA connector with 5V SATA power jack
- Capable of FullHD (1080p) video playback
- HDMI connector
- 2 x USB High-speed host with power control and current limiter
- USB-OTG with power control and current limiter
- 100MBit native Ethernet
- LiPo Battery connector with battery-charging capabilities
- LCD connector compatible with with 4.3", 7.0", 10.1" LCD modules from Olimex
- 160 GPIOs on four GPIO connectors
- MicroSD card connector
- GPIO LED
- Battery charge status LED
- Power LED
- 2KB EEPROM for MAC address storage and more

- 3 BUTTONS with ANDROID functionality + RESET button
- 4 mount holes
- 5V input power supply, noise immune design
- PCB dimensions: 84 x 60 mm~

Preu: Olimex Olinuxino A20 LIME 43€

Recursos OSHW:

- [GitHub OLINUXINO project location - source files, documentation, examples](#)
- [Schematics and hardware source file](#)
- [Eagle shield template \(same as for A10-OLinuXino-LIME\)](#)
- [KiCad shield template \(same as for A10-OLinuXino-LIME\)](#)

Conclusions

Les dues plaques SBC tenen característiques tècniques semblants. Escollim la BeagleBone per disposar d'una comunitat més gran i amb més varietat de distribucions Linux per instal·lar.

2.4 Estudi del programari per a la plataforma OpenIoT

En aquest apartat es mostra el concepte de programari lliure – Open Source i es realitza un estudi comparatiu de productes que incloguin les següents funcionalitats:

- Gestió de bases de dades de series temporals.
- Orquestració i disseny de workflow per definir la lògica de l'aplicació IoT.
- Visualització i monitorització de les dades per extreure coneixement i donar suport a la presa de decisions.

2.4.1 Moviment del Programari Lliure (Open Source)

Aquest moviment inclou diferents organitzacions sense ànim de lucre que promouen programari lliure i obert, enfront les restriccions del programari propietari. Com a organització més representativa hi ha la Free Software Foundation (FSF).

La FSF és una organització sense ànim de lucre amb la missió global de promoure les llibertats dels usuaris de programari. La FSF proveeix la infraestructura i el finançament pel projecte GNU [17], base de la família de sistemes operatius lliures GNU/Linux [18].



Figura 2-14 Logo FSF

Segons la FSF, el **Programari lliure significa que els usuaris tenen la llibertat d'executar, copiar, distribuir, estudiar, canviar i millorar el programari.**

Més exactament, el programari lliure garanteix que els usuaris d'un programa tenen les quatre llibertats essencials:

- La llibertat d'executar el programa com desitgeu i per a qualsevol propòsit (llibertat 0).
- La llibertat d'estudiar com funciona el programa i d'adaptar-lo a les seves necessitats (llibertat 1). El lliure accés al codi font és un requisit necessari per poder exercir aquesta llibertat.
- La llibertat de distribuir còpies, de manera que podeu ajudar els altres usuaris (llibertat 2).
- La llibertat de millorar el programari i de publicar-ne les millores, de manera que tota la comunitat se'n beneficiï (llibertat 3). El lliure accés al codi font és un requisit necessari per poder exercir aquesta llibertat.

2.4.2 Bases de dades de series temporals (TSDB)

Donat que s'ha de treballar amb mesures de sensors en diferents instants de temps, és molt recomanable utilitzar bases de dades NoSQL (Non Structured Query Language) especialitzades en series temporals.

Una sèrie temporal és una seqüència de punts que representen mesures successives d'una mateixa font de dades en un interval de temps. De manera visual una sèrie temporal es una gràfica on l'eix horitzontal és el temps i l'eix vertical és la dada de la mesura.

Per decidir quin gestor de base de dades de series temporals utilitzarem en la nostra infraestructura, s'ha analitzat les principals alternatives disponibles actualment.

InfluxDB

És un projecte amb llicència open source (MIT) que permet emmagatzemar mesures i events en forma de series temporals utilitzant el sistema clau-valor i no requereix de la definició d'esquemes. InfluxDB suporta centenars de milers d'escriptures per segon i es pot configurar en d'alta disponibilitat i en clustering. Les dades es poden accedir mitjançant sentències SQL i a través d'un API HTTP REST i amb diferents llenguatges de programació.

Capítol 2. Plataforma OpenIoT LabKit

Es poden assignar etiquetes a una sèrie temporal per realitzar cerques i a més es poden definir polítiques de retenció per a que les dades expirin automàticament [19].

InfluxDB està disponible per sistemes Linux, OS X i dispositius ARM.

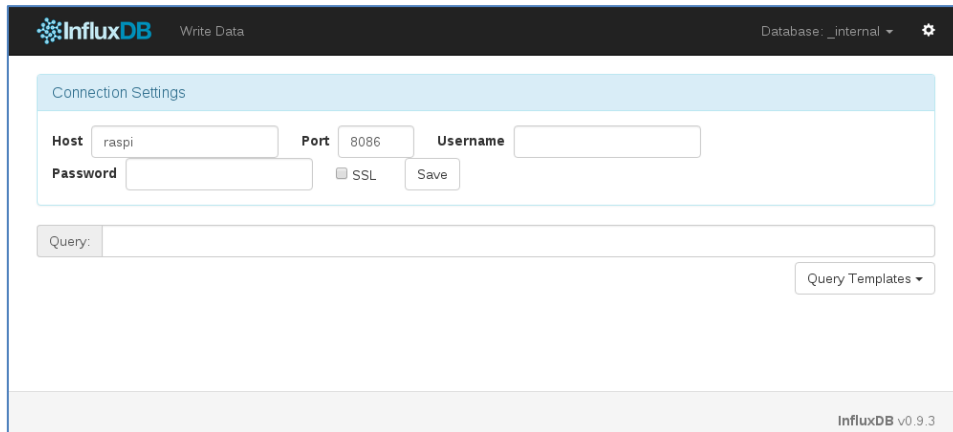


Figura 2-15 GUI Web InfluxDB

OpenTSDB

També és un projecte de open source llicenciat sota LGPLv2.1+ i GPLv3+. Funciona executant dimonis de series temporals (TSD - Time Series Daemon i utilitats de línia de comandes.

Cada instància es pot executar dins un o varis dimonis depenent de la càrrega que es necessiti. La informació es guarda utilitzant HBase. Les aplicacions accedeixen a les dades utilitzant una API HTTP REST [20].

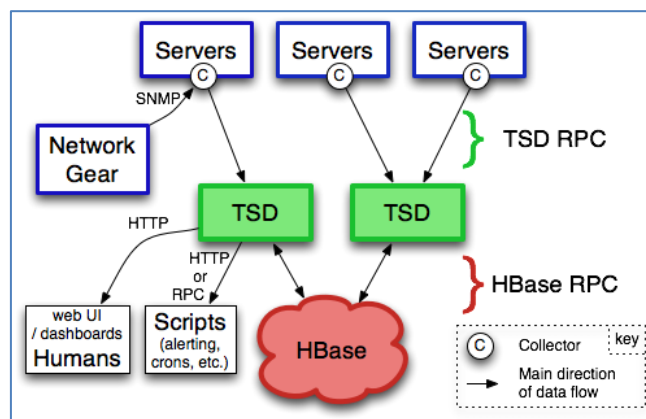


Figura 2-16 Diagrama funcionament OpenTSDB

Prometheus

Prometheus és 100% open source sota la llicència Apache 2 License. Ofereix un servei de monitorització i altres sobre una bases de dades de series. El seu model de dades està compost per series temporals identificades pel el nom de la mètrica i les dades en guarden en format clau/valor. Porta el seu propi sistema de monitorització on es poden definit panells de control, gràfiques i alertes [21].

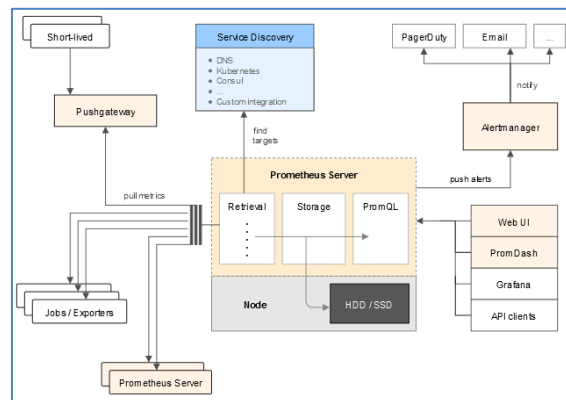


Figura 2-17 Arquitectura Prometheus

2.4.3 Software orquestració

Node-RED és un programari de codi obert que facilita el desenvolupament de projectes d'Internet de les Coses per tot tipus d'usuaris, des de principiants fins a programadors amb més experiència. Si es vol connectar les dades generades per diferents dispositius i es vol connectar amb altres serveis creant fluxos de treball o creant esdeveniments, Node-RED ens facilita aquestes tasques [22].

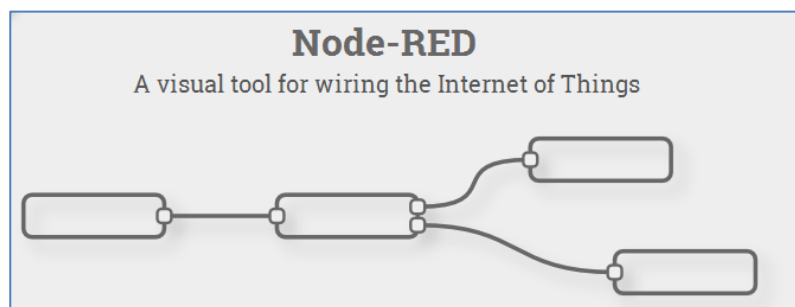


Figura 2-18 Logo Node-RED

Node-RED va ser creat per IBM i declarat opensource i té les següents característiques:

- El component fonamental de Node-RED és un “flux” que descriu el pas dels missatges (mesures o altres dades) d’un node a un altre. Cada node genera un esdeveniment o es comunica amb altre node passant-li un missatge.
- Té un entorn visual amb gran facilitat de programació.
- Hi ha una comunitat de desenvolupadors que creen fluxos que es poden afegir a la instal·lació del Node-Red accessibles des de Node-RED Library [23].
- Actualment ja existeixen nodes i fluxos per comunicar-se fàcilment amb serveis web com Amazon Web Services, Google APIs, Pushbullet, InfluxDB, enviament SMS via Twilio.io, xarxes socials com a Twitter, Facebook, Flickr i Instagram, etc.
- Node-RED es converteix en una passarel·la en la comunicació entre els dispositius i el programari de gestió de dades i monitorització.

2.4.4 Software de monitorització i visualització de dades

Grafana

És un programari lliure per crear, explorar i dissenyar panells de visualització de dades “dashboards” i disposa d’una extensió per llegir dades d’InfluxDB.

La visualització de dades es veu molt enriquida amb la utilització dels elements i les següents característiques gràfiques de Grafana [24]:

- Es pot seleccionar una part d’un gràfic per ampliar la visualització d’aquestes mesures en més detall (zoom)
- Es poden representar diverses mesures sobre el mateix eix del temps amb diferents unitats i escales
- Les mesures es poden representar amb barres, línies i/o punts.
- Un panell de visualització de les dades es pot configurar per parts i disposar els diferents gràfics utilitzant “drag and drop”
- Es poden utilitzar plantilles de panells de visualització
- Disposa d’un configurador/editor de gràfics que interpreta les series temporals de diferents fonts com Graphite, Elasticsearch, Prometheus, InfluxDB, OpenTSDB
- Inclou un selector ràpid de l’interval de temps amb opcions com: mesures d’ahir, mesures de la setmana passada, etc.



Figura 2-19 Exemple dashboard grafana

Chronograf

Es tracta de l'eina de monitorització desenvolupada per InfluxData per a InfluxDB. Evidentment la integració amb influxDB és molt fàcil, simplement cal configurar l'origen de les dades i crear els panells de control utilitzant consultes cap a InfluxDB. Encara que la seva integració sigui fàcil, les opcions per explotar les dades estan molt limitades actualment i només permet crear gràfiques simples [25]. L'eina està en una fase inicial de desenvolupament.



Figura 2-20 Exemple dashboard Chronograf

Capítol 3

3. Configuració de la plataforma

En aquest capítol es veuen els diferents elements hardware i software que componen el treball i la seva configuració.

3.1 Hardware OpenIoT LabKit

3.1.1 Kit Microcontrolador Wio Link

Per simplificar la manera de desenvolupar aplicacions de IoT, la plataforma Wio Link ens proporciona una capa de virtualització dels diferents sensors i actuadors a través d'un API HTTP RESTful. Gràcies a la funcionalitat de la API, els dispositius Wio Link es poden comunicar amb la nostra plataforma OpenIoT LabKit, mitjançant serveis web HTTPRest i permet passar del paradigma IoT al paradigma "web of things" (WoT).

Per això aquest treball farà ús de dispositius Wio Link amb les següents característiques:

- no necessiten programació, ni cablejat ni soldadures
- té sensors i actuadors fàcils de connectar a la placa base i fàcils de configurar mitjançant un programari de mòbil
- el firmware s'actualitza via OTA (over the air)
- es disposa d'un API RESTful per comunicar-se amb els sensor i actuadors
- Node-RED disposa nodes ja programats per comunicar-se amb la placa Wio-Link fàcilment.

Per configurar els mòduls instal·lats cal una aplicació mòbil del fabricant que permet donar d'alta els sensors i actuadors en un servidor web Wio Link. El fabricant ofereix una instància oficial del servidor o bé es pot instal·lar en la infraestructura pròpia ja que és programari lliure.

L'aplicació mòbil permet donar d'alta els sensors i actuadors en el servidor Wio Link, que es pot instal·lar en local en el microprocessador SBC.

A partir d'aquest moment es poden enviar peticions HTTP a la placa per rebre mesures dels sensors o enviar ordres als actuadors. La comunicació es configura de manera segura, utilitzant un token d'usuari en les peticions HTTP.

En pocs minuts es poden configurar sensors i actuadors de manera que siguin accessibles mitjançant una API RESTful. No es requereix programació del microcontrolador, encara que si ens interessa és compatible amb l'entorn de programació d'Arduino.

3.1.2 Microprocessador SBC BeagleBone Green Wireless

En el treball s'utilitza com a microprocessador SBC la placa BeagleBone Green Wireless d'arquitectura ARM i la distribució GNU/Linux Debian.

Aquesta placa ha de permetre la gestió de bases de dades, gestionar les regles de negoci i la visualització de les dades monitoritzades.

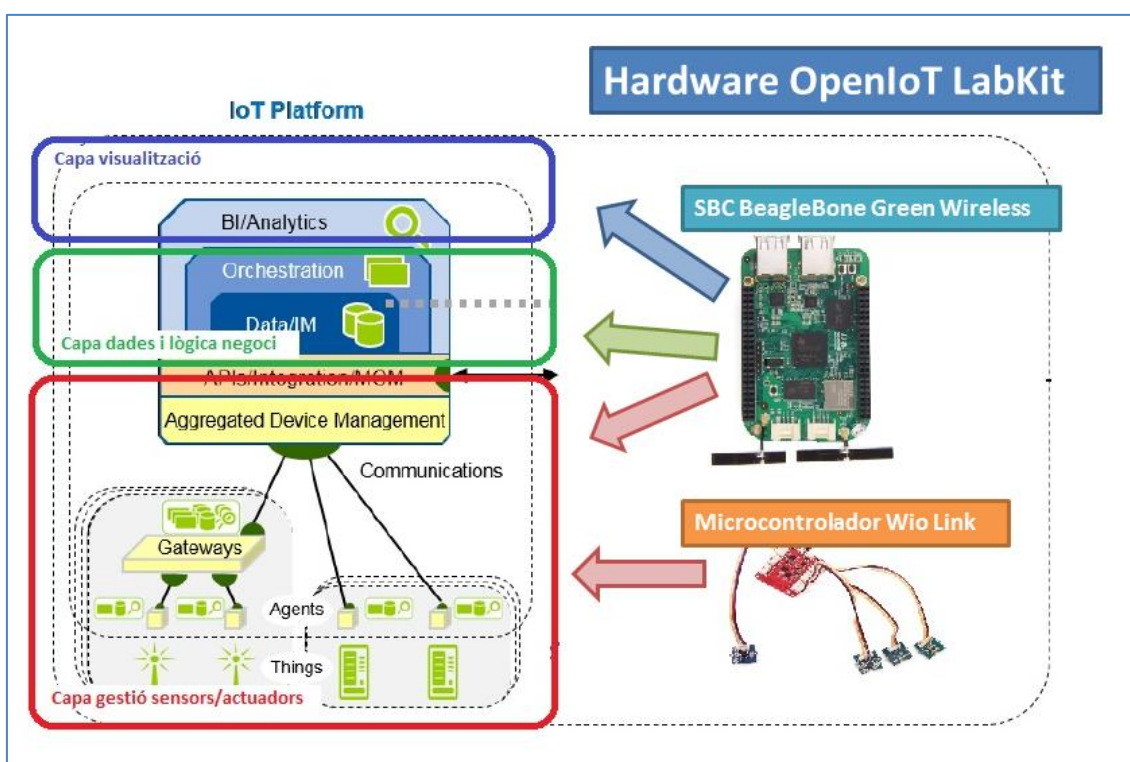


Figura 3-1 Figura de les capes lògiques i el hardware associat

3.2 Configuració Hardware OpenIoT LabKit

3.2.1 SBC BeagleBone Green Wireless (BBGW)

Actualització Sistema Operatiu Debian

Per incorporar noves funcionalitats i actualitzacions de seguretat es recomana instal·lar la darrera versió de la imatge del GNU/Linux Debian. A continuació es mostra els diferents passos a alt nivell.

1. Descarregar la darrera imatge corresponent a [la \(BBGW\)](#) des del repositori web: <http://beagleboard.org/latest-images>
2. Descomprimir fitxer **.zip** per obtenir fitxer **.img**
3. Escriure fitxer **.img** a tarjeta SD.
4. Posar targeta SD a la BeagleBone

Posada en funcionament

Un cop es disposa de la darrera imatge del SO Debian, es pot configurar la BeagleBone amb els següents passos:

1. Connectar la BeagleBone via USB al nostre PC.
2. Instal·lar els drivers necessaris en funció del SO del nostre PC (Windows, Linux, Mac).
3. Es connecta via web a la BBGW via: <http://192.168.7.2>
4. Configurar la connexió wifi de la BBGW
5. Desconnectar la BBGW del PC i es connecta a l'alimentació.

Per veure els detall dels passos anteriors consultar la web del fabricant: <http://beagleboard.org/getting-started>

3.2.2 Microcontrolador WioLink

Per poder gestionar els microcontroladors Wio Link i els seus sensors, primer cal registrar un usuari en un servidor WioLink Server. Un cop es disposa d'un usuari, ja es possible registrar les plaques WioLink dins aquest servidor.

Finalment cal configurar via app de smartphone els sensors i actuadors per cada necessitat. Aquest procés és específic per cada aplicació de IoT que es vol dissenyar, per tant es veurà en detall en l'apartat final on s'explica un prototipus per la gestió energètica de edificis públics.

La instal·lació del WioLink Server es detalla en el punt 3.4 Configuració Software OpenIoT LabKit, on s'explica en detall el programari de la plataforma objecte del treball.

3.3 Software OpenIoT LabKit

3.3.1 Node-RED

Com a software orquestració i regles de negoci es tria **Node-RED** donat la seva facilitat d'ús i la disponibilitat de diferents nodes per comunicar-se amb altres components de la plataforma IoT, com sensors, actuadors, bases de dades, panells de control, etc..

Node-RED està basat en el servidor *node.js* que farà d'interconnexió entre els dispositius i la plataforma. Node-RED és un programari que no necessita de grans requeriments hardware i es pot instal·lar en microprocessadors SBC.

Des del punt de vista tècnic, Node-RED és fonamenta en nodes, mòduls que contenen codi que consumeixen missatges i produeixen missatges de sortida i en fluxos, nodes interconnectat entre si.

Un missatge en Node-RED és un objecte JSON (Javascript Object Notation) que conté com a mínim un paràmetre "payload", per exemple:

```
msg = {  
    payload: "message payload"  
};
```

Sovint, *msg.payload* és el contenidor de les dades que un node consumeix o produeix. També es poden ampliar el nombre de paràmetres del objecte *msg*.

Hi ha tres tipus de nodes:

- Nodes d'entrada: Serveixen per obtenir dades d'altres serveis o per entrar dades manualment en un flux
- Nodes de sortida: Serveixen per passar dades de Node-RED a altres sistemes externs a Node-RED, com Twitter, correu electrònic, etc. També s'utilitza per veure informació dels missatges en la consola del entorn de desenvolupament de Node-RED.
- Nodes de processament per transformar les dades, iniciar un missatge o escriure una funció JavaScript que processi el missatge d'entrada.

Node-RED incorpora un entorn de desenvolupament gràfic (IDE) representat en la següent figura:

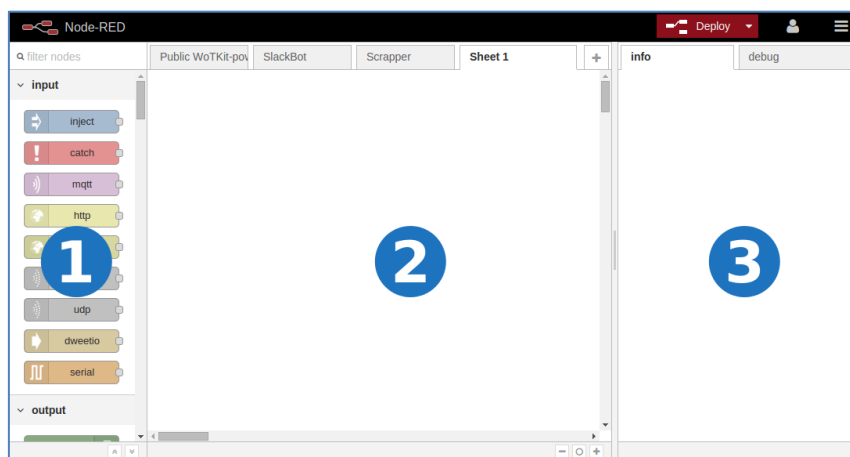


Figura 3-2 IDE Node-RED

La barra lateral conté la llista dels nodes que es poden utilitzar organitzats per categories. L'entorn incorpora nodes d'entrada, de sortida, funcions, nodes per connectar amb Twitter i enviar o rebre correus electrònics, per enviar SMS a través de Twilio, per emmagatzemar dades en arxius, per visualitzar dades en un "dashboard" incorporat a Node-RED o per connectar amb el servei d'informació meteorològica Openweathermap.

L'IDE de Node-RED té una part central amb pestanyes on es configuren de manera gràfica els fluxos que configuraran la lògica entre els sensors i actuadors i la resta del món.

A la dreta del panell hi ha tres pestanyes. La pestanya "Info" és on es mostra una ajuda descriptiva del que fa cada node, la pestanya "Debug" funciona a mode de consola on es mostren les dades que passen pel node "Debug" i la pestanya "Dashboard" serveix per configurar el panell de visualització de les dades mostrades mitjançant els nodes de la categoria "Dashboard".

El procediment per crear un flux és molt senzill e inclou tres accions:

- cada node es pot incloure en una pestanya del panell central mitjançant la tècnica de "drag and drop",
- els nodes dins de la mateixa pestanya es poden unir arrossegant un extrem d'un node amb un altre d'altre node i
- es pot polsar doble-click sobre cada node per omplir els paràmetres necessaris per configurar el node i/o escriure el codi necessari per tractar el missatge, és a dir, l'objecte JSON que passa de node en node.

Cada pestanya conté un flux, el que seria un programari, però en aquest cas s'ha fet connectant nodes de manera gràfica. Quan s'ha acaba de dissenyar un flux cal posar-lo en explotació, es a dir cal fer un desplegament polsant el botó "Deploy" a la dreta superior del IDE de Node-RED.

Hi ha conjunt de fluxos declarats com a programari lliure que es poden instal·lar en el servidor Node-RED, per veure les diferents possibilitats podem consultar la biblioteca Node-RED Library en <http://flows.nodered.org/>

3.3.2 InfluxDB

Com ha gestor de bases de dades de series temporals utilitzarem **InfluxDB**, que serveix d'emmagatzemat de les mesures, amb dades permanents o temporals segons les polítiques de retenció que es vulguin aplicar.

És una base de dades opensource especialitzada per manipular dades de series temporals amb alt rendiment i possibilitat d'alta disponibilitat.

InfluxDB necessita molt pocs recursos hardware i està disponible per processadors ARM (com beaglebone) i és molt fàcil d'instal·lar.

En Node-RED està disponible un node que permet interactuar amb la base dades InfluxDB.

3.3.3 Grafana

El següent element que permet obtenir una visualització de dades amb moltes funcionalitats és Grafana, programari opensource per mostrar dades de diferents fonts de dades. En particular, suporta de manera nativa les dades de InfluxDB mitjançant un plugin ja desenvolupat. És molt lleuger donat que part de la carrega es realitza en el navegador web, fet que la fa ideal per instal·lar en microprocessador amb pocs recursos com BeagleBone Green.

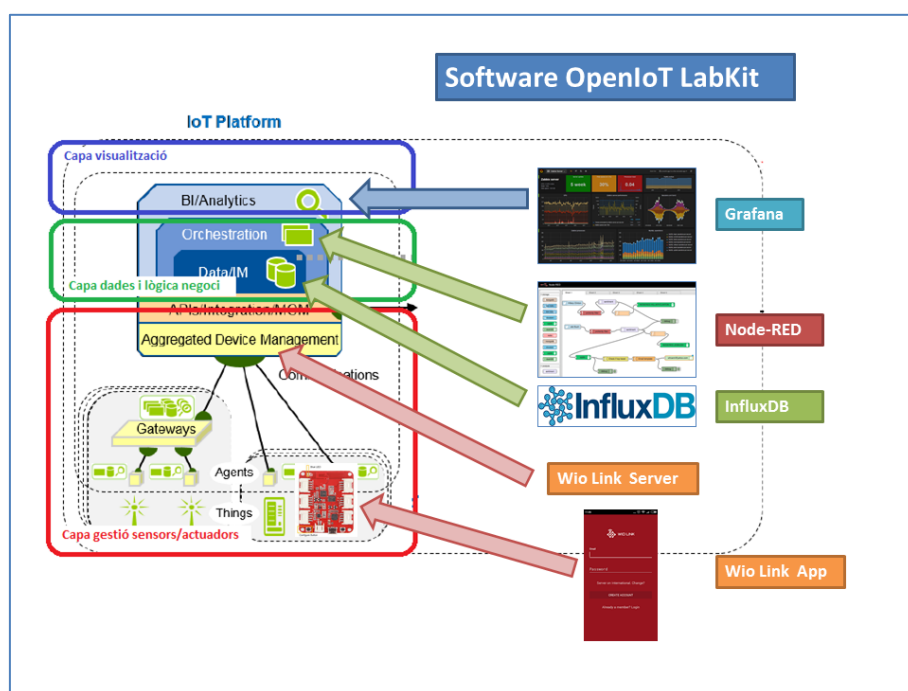


Figura 3-3 Figura de les capes lògiques i el software associat

3.4 Configuració Software OpenIoT LabKit

3.4.1 Configuració de Wio Link Server [26]

Apache com a front-end HTTPS

En primer lloc, s'instal·lar el apache i es configura un virtualhost

```
root@beaglebone:~# sudo apt-get update
root@beaglebone:~# sudo apt-get install apache2
root@beaglebone:~# sudo mkdir -p /var/www/openiot.llorens.net/public_html
root@beaglebone:~# sudo chown -R $USER:$USER /var/www/openiot.llorens.net/public_html
root@beaglebone:~# sudo chmod -R 755 /var/www
root@beaglebone:~# nano /var/www/openiot.llorens.net/public_html/index.html
```

```
<html>
<head>
  <title>Welcome to OpenIoT LabKit!</title>
</head>
<body>
  <h1>Success! The openiot.llorens.net virtual host is working!</h1>
</body>
</html>
```

```
root@beaglebone:~# sudo cp /etc/apache2/sites-available/000-default.conf
/etc/apache2/sites-available/openiot.llorens.net.conf
root@beaglebone:~# sudo nano /etc/apache2/sites-available/openiot.llorens.net.conf
```

```
<VirtualHost *:80>
  ServerAdmin openiot@llorens.net
  ServerName openiot.llorens.net
  ServerAlias www.openiot.llorens.net
  DocumentRoot /var/www/openiot.llorens.net/public_html
  ErrorLog ${APACHE_LOG_DIR}/error.log
  CustomLog ${APACHE_LOG_DIR}/access.log combined
</VirtualHost>
```

```
root@beaglebone:~# sudo a2ensite openiot.llorens.net.conf
root@beaglebone:~# sudo service apache2 reload
```

Es configura el servidor HTTPS amb certificats Let's Encrypt [27]

Cal descarregar el client Let's Encrypt

```
root@beaglebone:~# cd /usr/local/sbin
root@beaglebone:~# sudo wget https://dl.eff.org/certbot-auto
root@beaglebone:~# sudo chmod a+x /usr/local/sbin/certbot-auto
```

Es configura el certificat SSL

```
root@beaglebone:~# certbot-auto --apache -d openiot.llorens.net
```

Es configura apache com proxy invers

```
root@beaglebone:~# sudo a2enmod proxy
root@beaglebone:~# sudo a2enmod proxy_http
root@beaglebone:~# sudo a2enmod proxy_wstunnel
```


Capítol 3. Disseny i instal·lació de la plataforma

Cal afegir les següents comandes dins el fitxer `/etc/apache2/sites-available/default-ssl.conf`

```
root@beaglebone:~# sudo nano /etc/apache2/sites-available/default-ssl.conf
```

```
BrowserMatch "MSIE [17-9]" ssl-unclean-shutdown

ProxyRequests Off
ProxyPreserveHost On
<Proxy *>
    Order deny,allow
    Allow from all
</Proxy>

ProxyPass /v1/node/event ws://127.0.0.1:8080/v1/node/event
ProxyPassReverse /v1/node/event ws://127.0.0.1:8080/v1/node/event

ProxyPass /v1 http://127.0.0.1:8080/v1
ProxyPassReverse /v1 http://127.0.0.1:8080/v1
```

S'afegeix les següents comandes dins el fitxer `/etc/apache2/sites-available/000-default.conf`:

```
root@beaglebone:~# sudo nano /etc/apache2/sites-available/000-default.conf
```

```
ProxyRequests Off
ProxyPreserveHost On

ProxyPass /v1/node/resources http://127.0.0.1:8080/v1/node/resources
ProxyPassReverse /v1/node/resources http://127.0.0.1:8080/v1/node/resources
```

Es desen els fitxers i reiniciem Apache

```
root@beaglebone:~# sudo service apache2 restart
```

S'instal·la ESP8266 cross-compile toolchain

```
root@beaglebone:~# cd /opt
root@beaglebone:~# sudo wget http://arduino.esp8266.com/linuxarm-xtensa-lx106-elf-g46f160f-2.tar.gz
root@beaglebone:~# sudo tar -zxvf linuxarm-xtensa-lx106-elf-g46f160f-2.tar.gz
root@beaglebone:~# sudo nano /etc/profile
```

```
#append the following line
export PATH=$PATH:/opt/xtensa-lx106-elf/bin
```

S'instal·la els mòduls requerits de Python

```
root@beaglebone:~# sudo pip install tornado
root@beaglebone:~# sudo pip install PyJWT
root@beaglebone:~# sudo pip install pycrypto
root@beaglebone:~# sudo pip install PyYaml
root@beaglebone:~# sudo pip install tornado-cors
```

Es clona el repositori de WioLink

```
root@beaglebone:~# sudo git clone -b master https://github.com/Seeed-Studio/Wio_Link.git
root@beaglebone:~# cd Wio_Link
root@beaglebone:~# sudo git submodule init
root@beaglebone:~# sudo git submodule update
root@beaglebone:~# python ./scan_drivers.py
root@beaglebone:~# python ./build_firmware.py
```

Capítol 3. Disseny i instal·lació de la plataforma

Es configura l'arrencada automàtica en el boot

```
root@beaglebone:~# sudo apt-get install supervisor
root@beaglebone:~# sudo nano /etc/supervisor/conf.d/esp8266_server.conf
```

```
[program:esp8266]
directory=/opt/Wio_Link/
command=python /opt/Wio_Link/server.py
autorestart=true
user=root
redirect_stderr=true
stdout_logfile=/root/supervisor_log/log.txt
stderr_logfile=/root/supervisor_log/err.txt
environment=PATH="/opt/xtensa-lx106-elf/bin:%(ENV_PATH)s"
```

S'executa el servidor Wio Link

```
root@beaglebone:~# sudo mkdir -p /root/supervisor_log
root@beaglebone:~# sudo supervisorctl start esp8266
```

3.4.2 Configuració de InfluxDB [28]

```
root@beaglebone:~# wget https://dl.influxdata.com/influxdb/releases/influxdb_1.1.1_armhf.deb
root@beaglebone:~# sudo dpkg -i influxdb_1.1.1_armhf.deb
root@beaglebone:~# sudo nano /etc/influxdb/influxdb.conf
```

```
###
### [admin]
###
### Controls the availability of the built-in, web-based admin interface. If HTTPS is
### enabled for the admin interface, HTTPS must also be enabled on the [http] service.
###
### NOTE: This interface is deprecated as of 1.1.0 and will be removed in a future release.

[admin]
enabled = true
bind-address = ":8083"
https-enabled = false

GNU nano 2.2.6 File: /etc/influxdb/influxdb.conf Modified

[http]
enabled = true
bind-address = ":8086"
auth-enabled = false
log-enabled = true
write-tracing = false
pprof-enabled = true
https-enabled = false
```

```
root@beaglebone:~# sudo service influxdb start
root@beaglebone:~# sudo service influxdb status
```

```
root@beaglebone:~# sudo service influxdb status
â influxdb.service - InfluxDB is an open-source, distributed, time series database
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/influxdb.service; enabled)
   Active: active (running) since Thu 2016-12-15 21:27:25 CET; 29min ago
     Docs: https://docs.influxdata.com/influxdb/
   Main PID: 537 (influxd)
    CGroup: /system.slice/influxdb.service
            ââ537 /usr/bin/influxd -config /etc/influxdb/influxdb.conf

Dec 15 21:27:26 beaglebone influxd[537]: [admin] 2016/12/15 21:27:26 DEPRECATED: This plugin is deprecated a
Dec 15 21:27:26 beaglebone influxd[537]: [admin] 2016/12/15 21:27:26 Listening on HTTP: [::]:8083
Dec 15 21:27:26 beaglebone influxd[537]: [continuous querier] 2016/12/15 21:27:26 Starting continuous query
Dec 15 21:27:26 beaglebone influxd[537]: [httpd] 2016/12/15 21:27:26 Starting HTTP service
Dec 15 21:27:26 beaglebone influxd[537]: [httpd] 2016/12/15 21:27:26 Authentication enabled: false
Dec 15 21:27:26 beaglebone influxd[537]: [httpd] 2016/12/15 21:27:26 Listening on HTTP: [::]:8086
Dec 15 21:27:26 beaglebone influxd[537]: [retention] 2016/12/15 21:27:26 Starting retention policy enforceme
Dec 15 21:27:26 beaglebone influxd[537]: 2016/12/15 21:27:26 Sending usage statistics to usage.influxdata.co
Dec 15 21:27:26 beaglebone influxd[537]: [monitor] 2016/12/15 21:27:26 Storing statistics in database '_inte
Dec 15 21:27:26 beaglebone influxd[537]: [run] 2016/12/15 21:27:26 Listening for signals
```

Per accedir GUI del gestor de la base de dades InfluxDB anem a la direcció <http://openiot.llorens.net:8083>

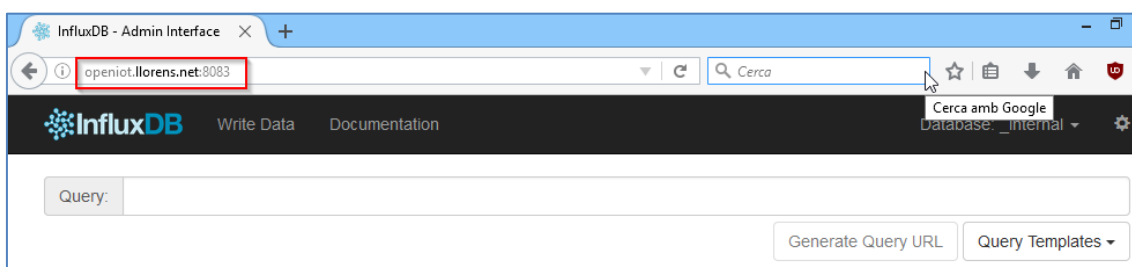


Figura 3-4 GUI InfluxDB

3.4.3 Configuració de Node-RED [29]

Les darreres imatges de 4GB per les plaques BeagleBone boards ja tenen instal·lat el Node-RED dins el sistema operatiu Debian i només cal engegar-lo executant **node-red-pi**. Si volem actualitzar a la darrera versió cal executar les instruccions següents:

Actualitzem el sistema i instal·lem requeriments

```
root@beaglebone:~# sudo apt-get update
root@beaglebone:~# sudo apt-get install -y curl locales ntpdate avahi-utils python
build-essential
```

Actualitzem el Node.js

```
root@beaglebone:~# sudo apt-get install curl
root@beaglebone:~# curl -sL https://deb.nodesource.com/setup_4.x | sudo bash -
root@beaglebone:~# sudo apt-get install -y build-essential nodejs
```

Instal·lem el Node-RED

```
root@beaglebone:~# sudo npm install -g --unsafe-perm node-red
```

Capítol 3. Disseny i instal·lació de la plataforma

Cal afegir nodes addicionals

```
root@beaglebone:~# cd ~/.node-red
root@beaglebone:~# sudo npm install -g node-red-contrib-wio-seeed
root@beaglebone:~# sudo npm install -g node-red-contrib-influxdb
root@beaglebone:~# sudo npm install -g node-red-dashboard
root@beaglebone:~# sudo npm install -g node-red-node-dweetio
root@beaglebone:~# sudo npm install -g node-red-node-twilio
root@beaglebone:~# sudo npm install -g node-red-node-random
root@beaglebone:~# sudo npm install -g node-red-node-openweathermap
```

Per executar el Node-RED

```
root@beaglebone:~# node-red-pi
```

Per l'arrencada automàtica del node-RED en el boot, cal crear un fitxer de servei amb el contingut següent:

```
root@beaglebone:~# sudo nano /lib/systemd/system/nodered.service
```

```
# systemd service file to start Node-RED
[Unit]
Description=Node-RED graphical event wiring tool.
Wants=network.target
Documentation=http://nodered.org/docs/hardware/raspberrypi.html
[Service]
Type=simple
# Run as root user in order to have access to gpio pins
User=root
Group=root
Nice=5
Environment="NODE_OPTIONS=--max-old-space-size=128"
#Environment="NODE_RED_OPTIONS=-v"
ExecStart=/usr/bin/env node-red-pi $NODE_OPTIONS $NODE_RED_OPTIONS
KillSignal=SIGINT
Restart=on-failure
SyslogIdentifier=Node-RED
[Install]
WantedBy=multi-user.target
```

Es recarrega la configuració del *systemd* i s'habilita el nou servei

```
root@beaglebone:~# sudo systemctl daemon-reload
root@beaglebone:~# sudo systemctl enable nodered.service
```

Per accedir al GUI del node-RED cal anar a la direcció <http://openiot.llorens.net:1880>

Capítol 3. Disseny i instal·lació de la plataforma

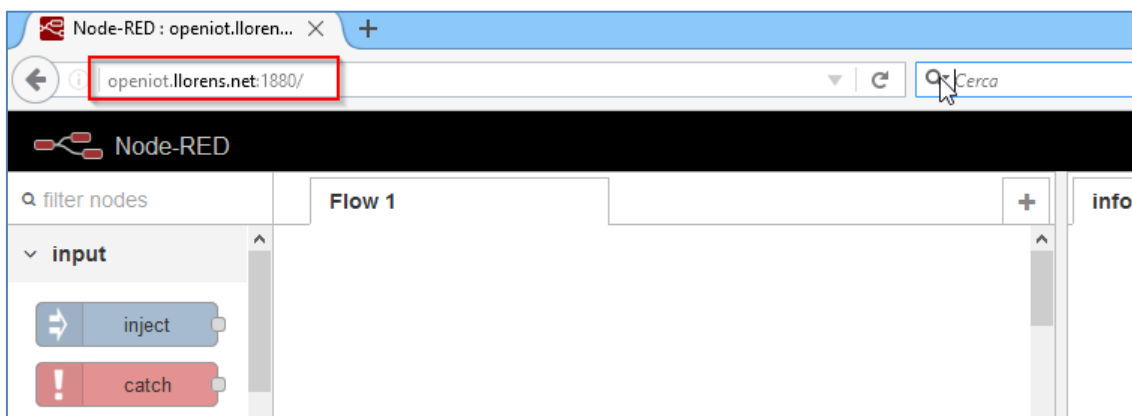


Figura 3-5 Accés al Node-RED

3.4.4 Configuració de Grafana [30]

Cal descarregar el paquet de Debian per l'Arm i l'instal·lar-lo:

```
root@beaglebone:~# wget http://www.aplaline.com/grafana_2.6.0_armhf.deb
root@beaglebone:~# sudo dpkg -i grafana_2.6.0_armhf.deb
```

Es configura l'arrencada automàtica en el boot

```
root@beaglebone:~# sudo /bin/systemctl daemon-reload
root@beaglebone:~# sudo /bin/systemctl enable grafana-server
root@beaglebone:~# sudo /bin/systemctl start grafana-server
```

Per accedir al GUI de Grafana cal anar a la direcció <http://openiot.llorens.net:3000> amb usuari i password per defecte: **admin/admin**

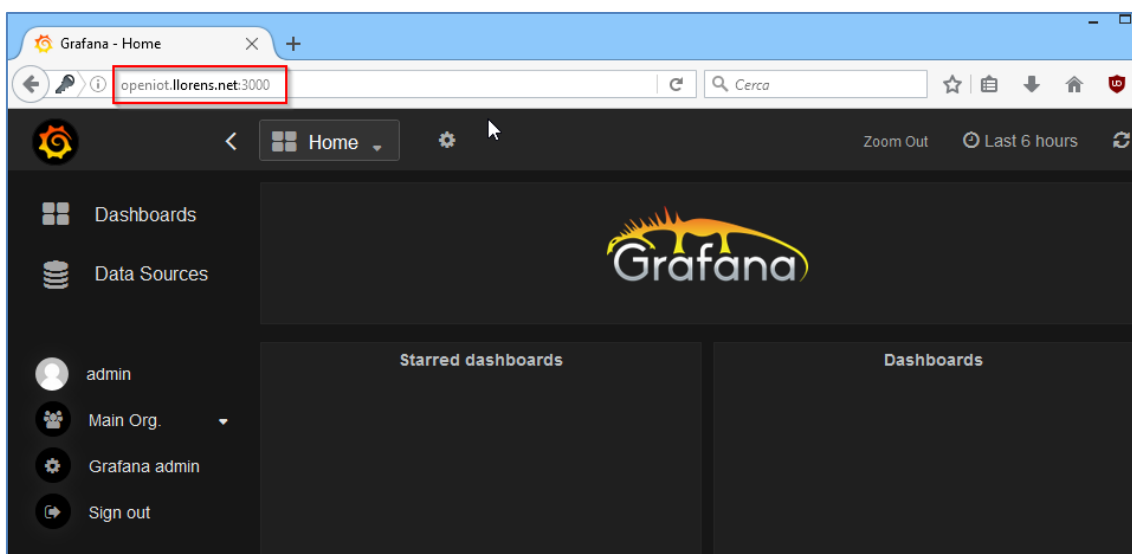


Figura 3-6 GUI Grafana

Capítol 4

4. Realització prototipus

4.1 Problemàtica cas real

Amb l'objectiu de mostrar la facilitat per desenvolupar aplicacions de IoT utilitzant el Open IoT LabKit, es realitza un prototipus per un cas real que respon a la necessitat de controlar la temperatura i humitat en edificis públics.

El RD 1826/2009 amb l'objectiu de l'estalvi energètic, diu que els edificis públics hauran de limitar obligatòriament les seves condicions de temperatura i humitat. La norma és obligatòria en edificis d'us administratiu, en locals comercials, culturals i de oci, igualment en edificis destinats a estacions de transport de persones i aeroports.

La temperatura de l'aire en recintes habitables es limitarà als següents valors:

- La temperatura de l'aire en recintes calefactats no serà superior a 21°C.
- La temperatura de l'aire en recintes refrigerats no serà inferior a 26°C.

La humitat relativa ha d'estar compresa entre el 30% i el 70%.

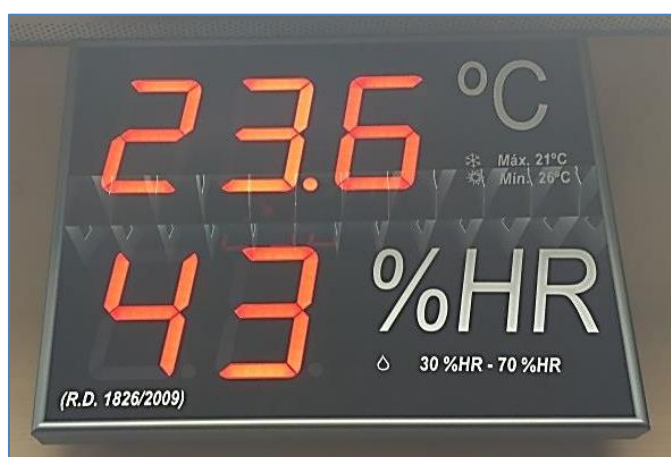


Figura 4-1 Panell informatiu amb dades ambientals

4.2 Prototipus solució cas real

A continuació detallen cadascuna de les capes en que es pot dividir el nostre prototipus.

4.2.1 Introducció a la capa de sensors/actuadors

Aquesta capa està composta pel dispositiu Wio Link amb els sensors de temperatura, humitat, i com actuadors es disposa una pantalla OLED i una alarma sonora. Els sensors han de proporcionar les mesures de temperatura i humitat a la capa superior de dades i lògica de negoci. La pantalla OLED mostrarà en tot moment els valors de la darrera mesura dels sensors i finalment la alarma, sonarà només si es superen els límits establerts de temperatura i està activada.

4.2.2 Introducció a la capa de bbdd i lògica/workflow

En aquesta capa consta d'una bbdd dins el InfluxDB per desar les dades, per la seva visualització posterior. En el apartat de lògica i workflow s'utilitza el Node-RED per realitzar les següents funcions:

- recuperar les dades dels sensors (temperatura i humitat) i donar ordres als actuadors (alarma, pantalla OLED) via node-red-contrib-wio-seeed
- guardar les dades en la TSBD InfluxDB via node-red-contrib-influxdb
- comprovar si les mesures passem els llindars establerts, en cas afirmatiu activar la alarma sonora via node-red-contrib-wio-seeed, enviar un email i un SMS via node-red-node-twilio

4.2.3 Introducció capa visualització

En aquesta capa es fan servir dos elements diferenciats, el dashboard del node-RED i el dashboard de Grafana.

Dashboard Node-Red

Mitjançant el node **node-red-dashboard** dins el Node-RED, es pot fer una visualització de les darreres mesures dels sensors, veure un històric bàsic de les darreres 24h., i finalment i més important, un apartat de interacció on es poden definir els límits de temperatura, forçar una lectura manual dels sensors i activar i desactivar l'alarma de fora de límits.

Dashboard de Grafana

Mitjançant el dashboard de Grafana es visualitza i es pot fer anàlisis de les mesures dels sensors de temperatura i humitat. Per un període determinat podrem saber el valor actual, el màxim, el mínim i la mitja.

4.3 Configuració del prototipus per capes

4.3.1 Configuració capa sensors/actuadors

El procediment d'instal·lació i configuració dels sensors/actuadors es detalla en els següents passos:

1. Instal·lar l'aplicació per a mòbil amb sistema Android o iOS.

Per poder gestionar el dispositiu Wio Link primer s'ha d'instal·lar la aplicació per mòbils intel·ligents.

- Per Android: Cercar i instal·lar dins Google Play l'aplicació **Wio**. Es requereix Android 4.1 o superior
- Per iOS: Cercar i instal·lar dins App Store **Wio**. Es requereix iOS 7 o superior.

En el nostre cas es fa servir Android.

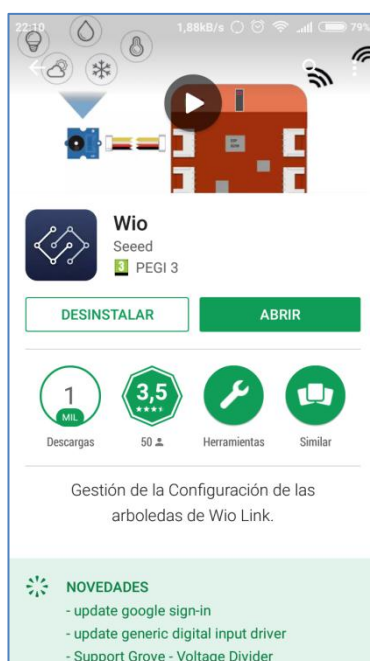


Figura 4-2 Instal·lació App WIO

2. Crear un compte d'usuari en el servidor Wio Link

A l'obrir l'aplicació el primer pas és registrar-se per poder configurar els diferents dispositius Wio Link. Primer cal especificar l'adreça del servidor Wio Link, en el nostre cas <https://openiot.llorens.net> i llavors es crea un usuari.

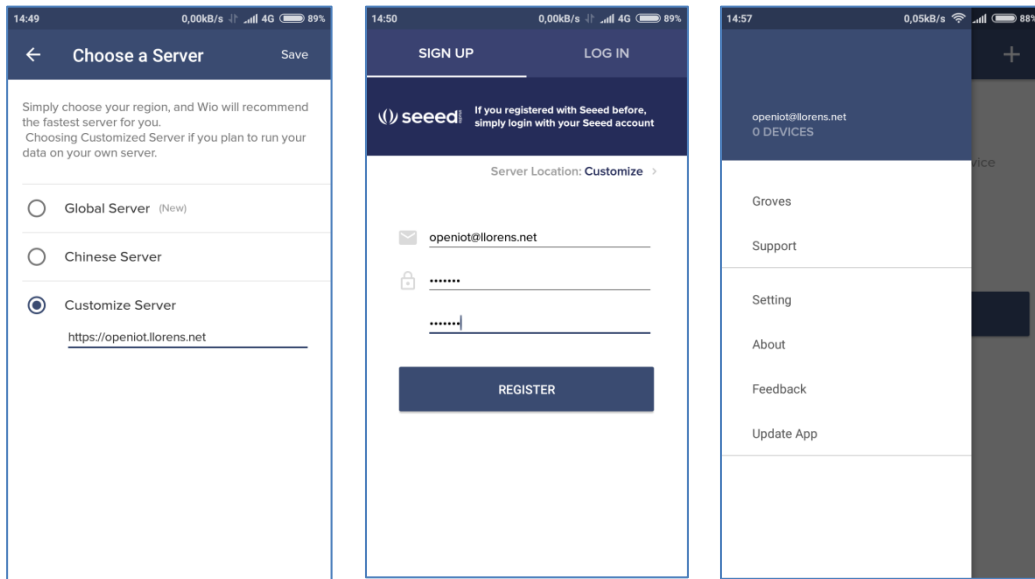


Figura 4-3 Registre usuari en el Wio Link Server

3. Configurar l'accés WiFi del dispositiu Wio Link.

Es connecta l'alimentació amb un cable microUSB Wio Link i es prem el botó de configuració de la placa durant 5 segons. Llavors des del mòbil es cerca el dispositiu.

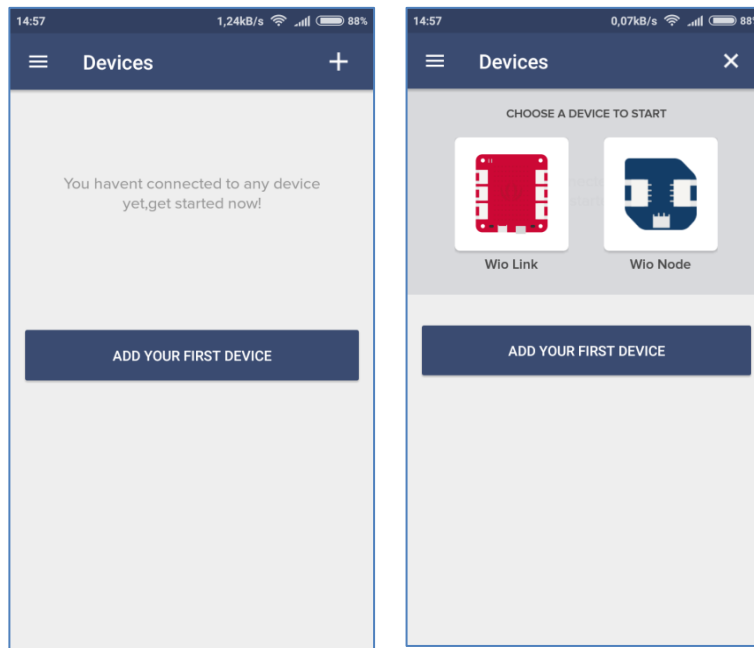


Figura 4-4 Afegir nou dispositiu Wio Link

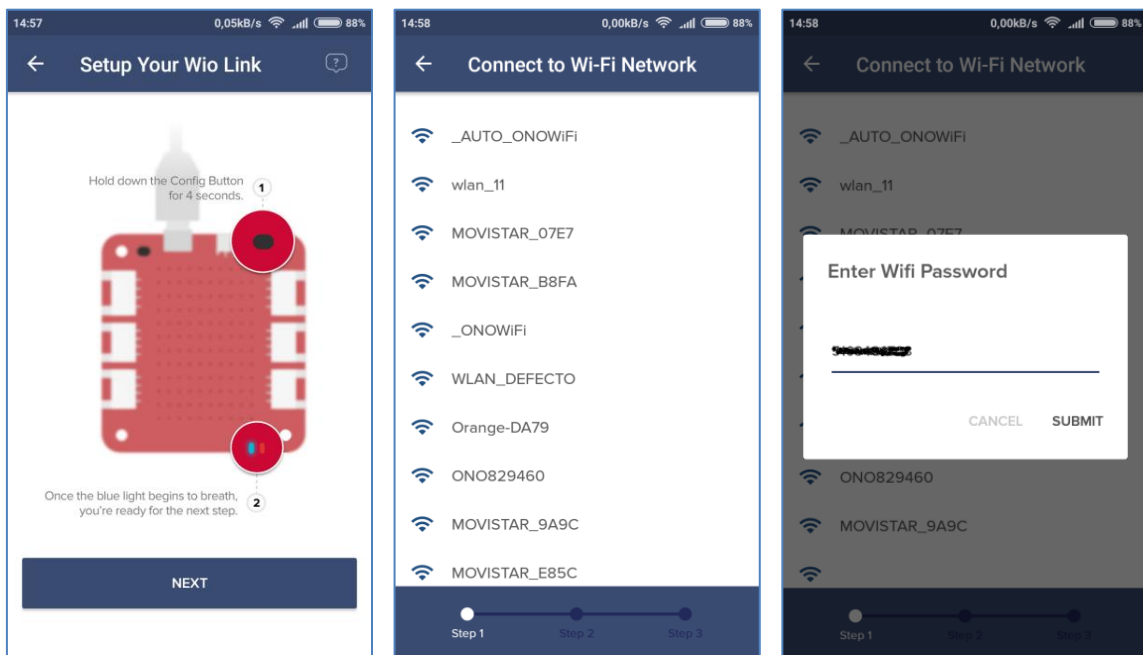


Figura 4-5 Configurar accés Wifi al dispositiu

Un cop trobat cal posar el SSID i la contrasenya de la WiFi on es connectarà el Wio Link.

4. Configuració dels mòduls i actualització firmware des de l'aplicació.

Configurar els diferents mòduls de sensors i de control Grove, per acabar actualitzar el firmware via OTA.

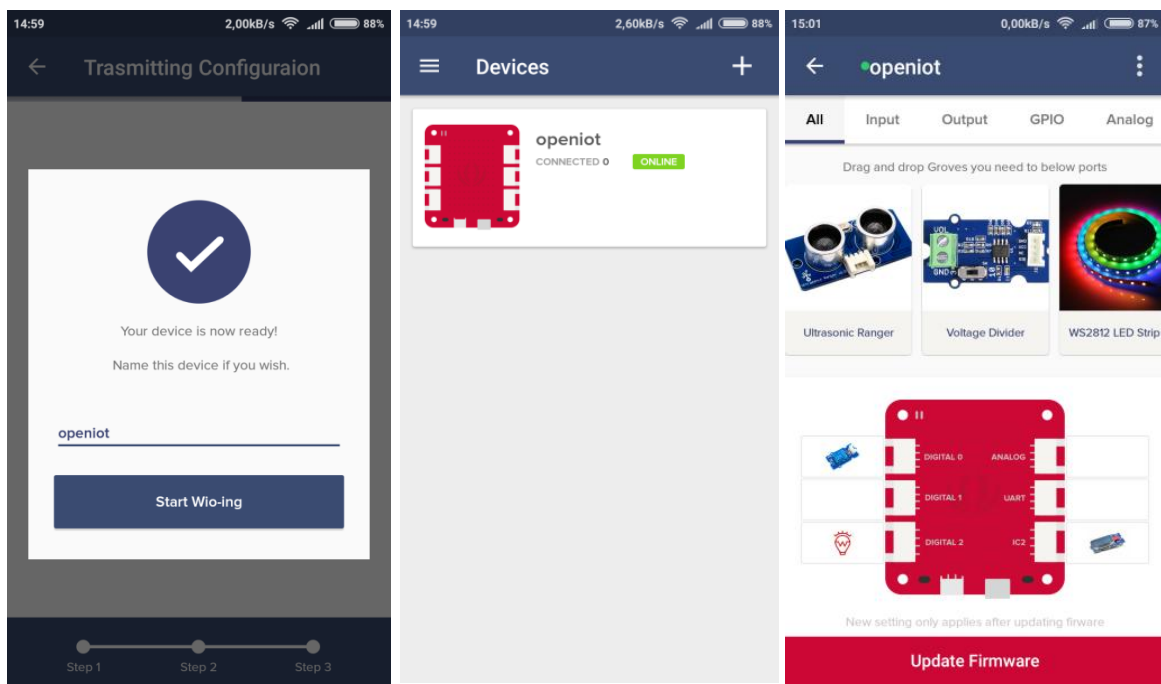


Figura 4-6 Configuració sensors i actualització firmware

5. Connectar els mòduls.

En primer lloc es deconnecta de la corrent i llavors cal connectar els diferents mòduls de sensors i control segons configuració definida en la app del smartphone.

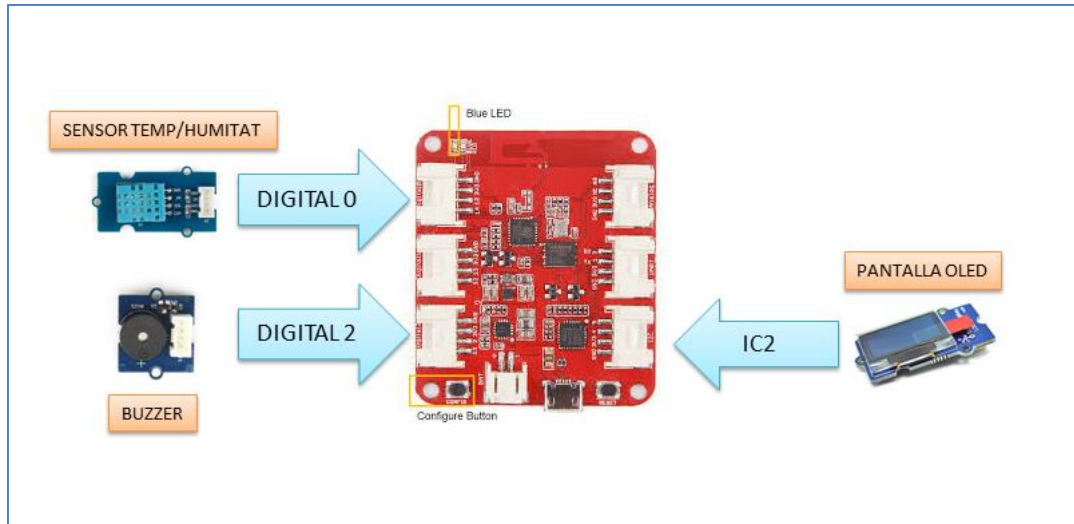


Figura 4-7 Placa Wio Link amb els sensors/actuadors

6. Wio Link preparat.

Es connecta a la corrent i ja es pot interactuar amb els diferents mòduls des del mòbil a través de l'API RESTful. En l'Annex 3 es detallen les crides HTTP per els sensors/actuadors.

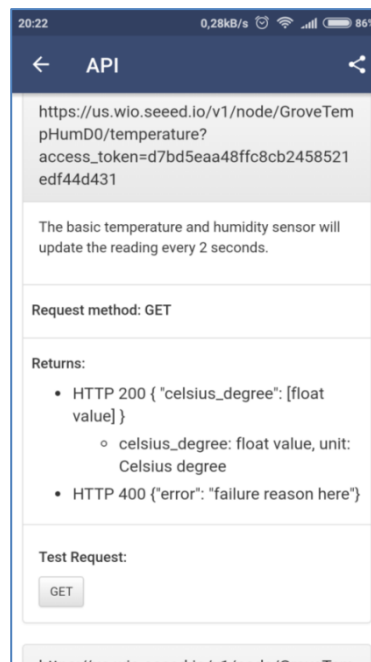


Figura 4-8 Accés API Wio Link des de App

4.3.2 Configuració capa de bbdd i lògica/workflow

A nivell de dades, en aquest punt s'ha de crear una base de dades en InfluxDB que s'anomena **openiot** i a més cal definir una política de retenció de dades, per exemple de 6 dies. S'executa les instruccions següents en el CLI de InfluxDB.

```
root@beaglebone:~# influx
```

```
CREATE DATABASE openiot
SHOW retention policies ON openiot
CREATE retention policy sis_dies_openiot ON openiot Duration 6d replication 1 DEFAULT
SHOW retention policies ON openiot
Exit
```

```
root@beaglebone:~# influx
Visit https://enterprise.influxdata.com to register for updates, InfluxDB server management
Connected to http://localhost:8086 version 1.1.1
InfluxDB shell version: 1.1.1
> CREATE DATABASE openiot
> SHOW retention policies ON openiot
name      duration      shardGroupDuration      replicaN      default
-----
autogen  0s            168h0m0s                1             true
>
> CREATE retention policy sis_dies_openiot ON openiot Duration 6d replication 1 DEFAULT
> SHOW retention policies ON openiot
name      duration      shardGroupDuration      replicaN      default
-----
autogen   0s            168h0m0s                1             false
sis_dies_openiot  144h0m0s      24h0m0s                 1             true
> exit
root@beaglebone:~#
```

A continuació es mostren els fluxes del Node-RED per cadascuna de les funcionalitat necessàries.

Lectura, emmagatzemament i visualització de les mesures dels sensors

Cada 5 minuts (paràmetre configurable) es prenen les mesures dels sensors de temperatura i humitat, i tot seguit es desen en el InfluxDB per el tractament i visualització posterior.

Capítol 4. Realització prototipus

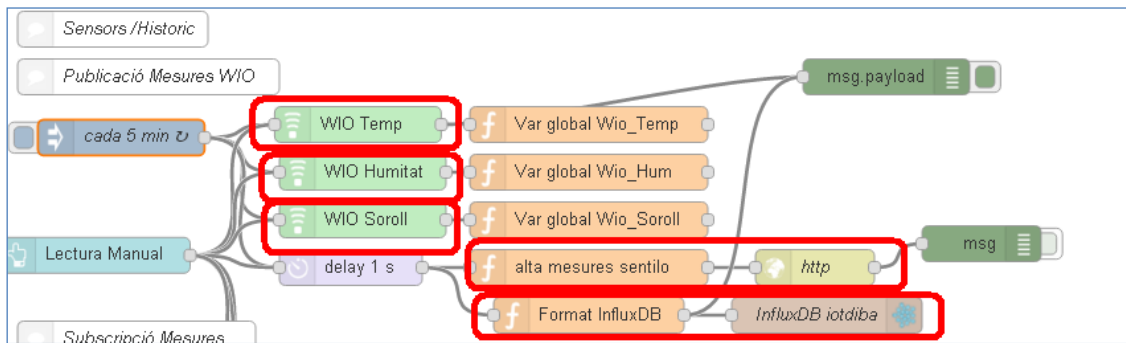


Figura 4-9 Flux Node-Red lectures sensors

Exemple de configuració del node de Wio Link per la lectura de la temperatura.

El formulari 'Edit sensor node' té els següents camps:

- Name: WIO Temp
- Connection: wio config
- Node: wiolink01 (up)
- Port: D0 - Grove Temperature & Ht
- Method: Celsius Temperature
- Output: Parsed Value

Figura 4-10 Configuració Node Sensor Wio Link

Exemple del format necessari per donar d'alta les dades dels sensors a la base de dades InfluxDB.

```
1 var temp = global.get("Wio_Temp");
2 var humitat = global.get("Wio_Hum");
3 var soroll = global.get("Wio_Soroll");
4
5
6 msg.payload =
7 [
8 {
9   TMP02: temp,
10  HUM02: humitat,
11  SO02: soroll
12 },
13 {
14   Component: "HW02",
15   Location: "Girona"
16 }
17 ];
18 return msg;
19
```

Figura 4-11 Configuració Node function alta InfluxDB

Exemple de configuració del node de base de dades InfluxDB.

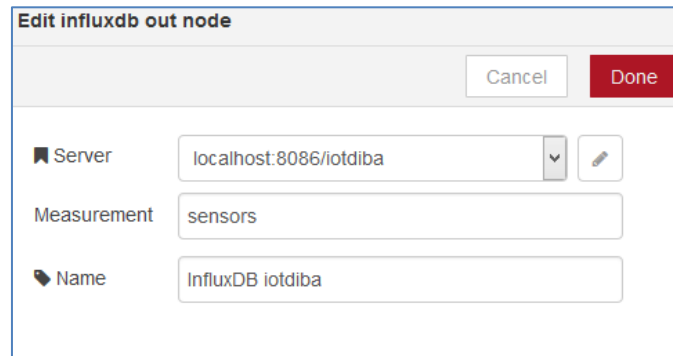


Figura 4-12 Configuració node InfluxDB

Visualització de les darreres mesures en la pantalla OLED

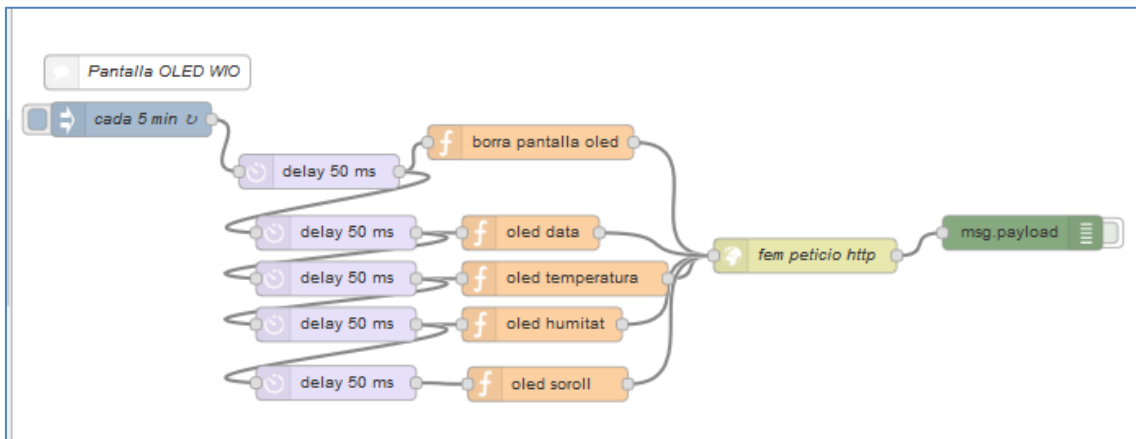


Figura 4-13 Flux Node-Red visualització pantalla OLED

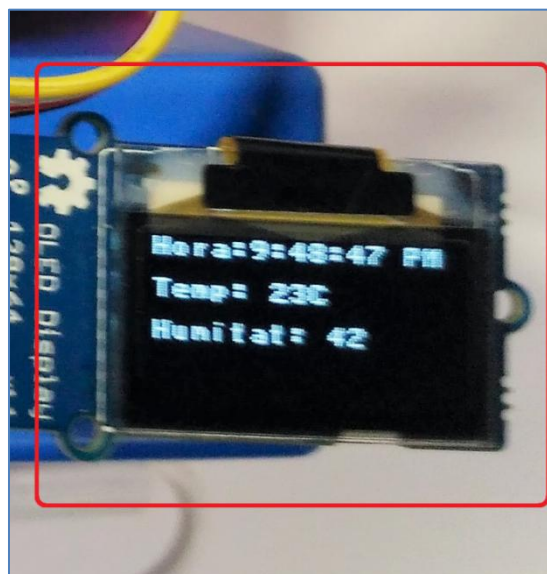


Figura 4-14 Pantalla OLED

Verificació mesura actual superar líndar establert

Es comprova si les mesures actuals passem els líndars establerts. Si tenim armada l’alarma i estem fora dels límits, s’activarà l’alarma fent sonar el “buzzer”, enviant un SMS al telèfon i enviant un e-mail. En cas que l’alarma no estigui armada només ens notificarà via dashboard del Node-RED. En la capa de visualització de les dades s’explica amb més detall el dashboard del Node-RED. La figura mostra el flux de la lògica de l’alarma.

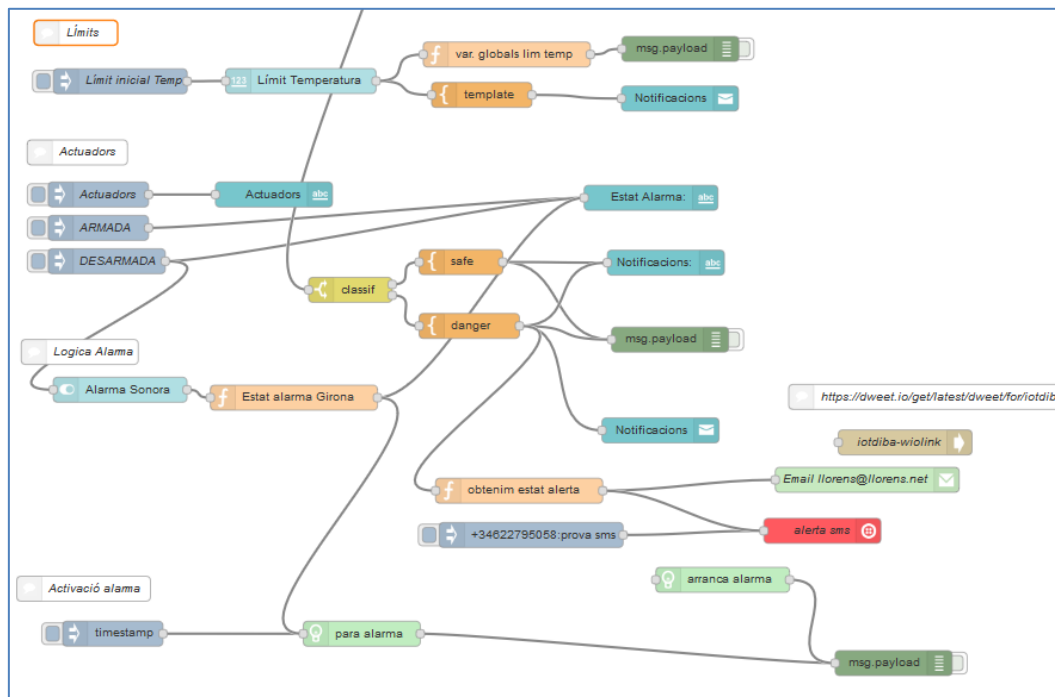


Figura 4-15 Flux Node-Red lògica alarma

4.3.3 Configuració capa visualització

Dashboard Node-Red

Mitjançant el node **node-red-dashboard** dins el Node-RED, podem fer una visualització de les darreres mesures dels sensors, un històric bàsic de les darreres 24h., i finalment i més important, un apartat de interacció on podem definir els límits de temperatura, podem forçar una lectura manual dels sensors i podem activar i desactivar l’alarma de fora de límits.

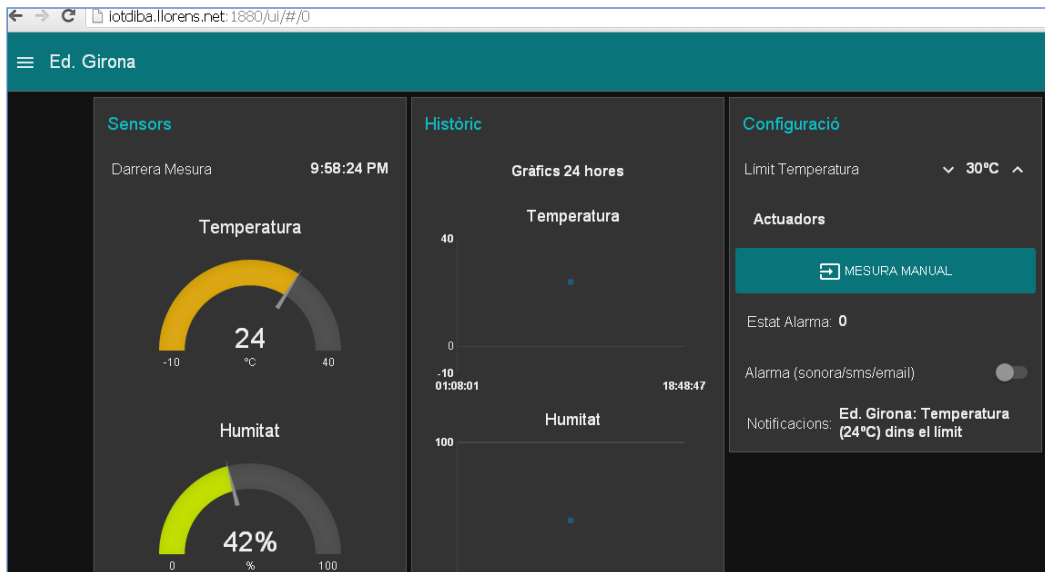


Figura 4-16 Dashboard Node-RED

Dashboard de Grafana

Mitjançant el dashboard de Grafana poden visualitzar i fer anàlisis de les mesures dels sensors de temperatura i humitat. Per un període determinat podrem saber el valor actual, el màxim, el mínim i la mitja.

Cal primerament, definir la font de dades (datasource) que faci referència a la base de dades definida en InfluxDB. La figura següent correspon a la configuració d'una font de dades en Grafana:

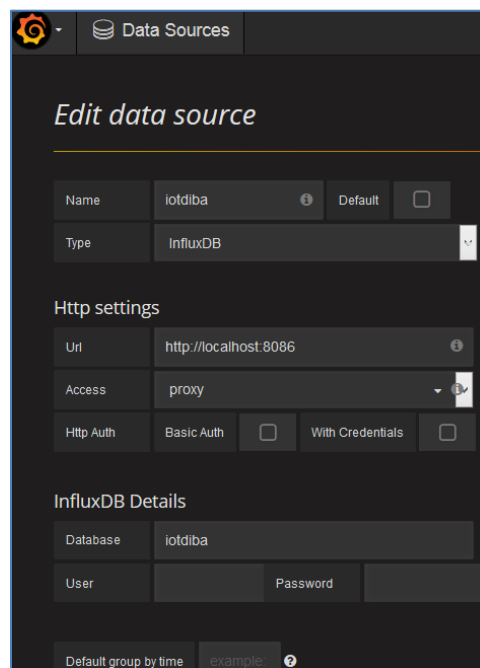


Figura 4-17 Configuració data source en Grafana

Capítol 4. Realització prototipus

Un cop definida la font de dades ja podem dissenyar el nostre panell de visualització. El “dashboard” està compost per diferents files i on cada fila podem definir diferents controls visuals.

En nostre cas concret el “dashboard” està compost per 3 files; la primera fila correspon a la temperatura, la segona la humitat i la tercera al nivell de soroll. En cada fila hi ha la darrera mesura i el gràfic històric amb els mínims i màxims. Cada element de la fila és un sentència SQL que ataca a la font de dades.



Figura 4-18 Dashboard Grafana

Capítol 5

5. Valoració econòmica

En aquest apartat es realitza una valoració econòmica del treball. Per un costat s'inclouen els costos dels diferents components hardware i per un altre les hores de desenvolupament realitzades.

Despeses de material i desenvolupament:

Concepte	Unitats	Preu Unitari	Preu Total
Kit SeedStudio Wio Link Deluxe	1	113,94€	113,94€
SeedStudio BeagleBone Green Wireless	1	42,99€	42,99€
Caixa BeagleBone Green	1	4,31€	4,31€
Total Hardware			161,24€
Total Hores Desenvolupament	30	30€	900€

Els costos del material necessari per a la construcció de la plataforma OpenIoT és de **161,24 €**.

Pel que fa a les hores de desenvolupament, que incloent la instal·lació i la configuració dels diferents components, s'ha fet una estimació en hores i cost, que ascendeix a **900 €**.

Cal remarcar que el fet d'utilitzar programari lliure i no fer ús de plataformes externes de tercers, abarateix el cost total del OpenIoT LabKit, donat que només cal tenir present els costos del maquinari.

Capítol 6

6. Conclusions

6.1 Conclusions del projecte

La plataforma dissenyada i desenvolupada compleix amb tots els objectius que es van definir a l'inici d'aquest projecte. Per tant, el OpenIoT LabKit és totalment vàlid com plataforma oberta per aprendre sobre Internet de les coses (IOT) al servei dels centres educatius secundaris, donat que és capaç de realitzar totes les funcionalitats inicialment previstes de manera satisfactòria

La realització d'una planificació detallada, la divisió del treball a realitzar per capes clarament definides i delimitades i la fase d'aprenentatge inicial, han estat fonamentals per poder assolir els objectius plantejats en el temps previst.

Cal remarcar que el desconeixement inicial sobre la temàtica de IoT i les ganes d'aprendre sobre aquestes noves tecnologies, va fer que l'abast inicial del projecte fos molt ampli. Donat la intenció de fer un estudi teòric de les diferents opcions, mes l'objectiu de posar en practica la plataforma a través d'un prototipus real, ha fet que no s'incloguin en el treball la funcionalitat d'analítica de dades ni intel·ligència de negoci.

6.2 Proposta de millores

Donat que la treball desenvolupat compleix amb els objectius plantejats, la proposta de millores és basa en l'ampliació de noves funcionalitats per la plataforma OpenIoT

Les següents funcionalitats es podrien afegir donat que són molt interessants per ampliacions de IoT:

- Programari de intel·ligència de negoci Business Intelligence
- Programari d'analítica de dades amb Big Data.

6.3 Autoavaluació

De bon principi vaig veure la realització del TFG com una oportunitat ideal per introduir-me dins el nou àmbit tecnològic referent a Internet de les Coses.

Un cop acabat el semestre, estic molt satisfet amb el resultat del treball. M'ha servit per entendre què és la internet de les coses, quina arquitectura i quins components de hardware i software, són necessaris per realitzar una aplicació d'IoT.

Gràcies als coneixements adquirits durant el projecte, s'ha pogut desenvolupar un prototip totalment funcional, que compleix amb tots els objectius previstos, i que dóna solució a una necessitat existent.

Ha estat interessant veure com, a mida que s'anava avançant en el desenvolupament del projecte i s'anaven adquirint nous coneixements, també creixien el nombre d'idees per a implementar. En aquest sentit, donada la limitació de temps de què es disposa, s'ha restringit l'abast del projecte i no s'ha vist ampliat per les noves idees. En tot cas s'han deixat com a millores per implementar en un futur.

En definitiva, considero que ha estat un projecte molt enriquidor i que m'ha portat uns coneixements que serviran com a base per al desenvolupament de nous projectes dins d'aquest àmbit.

Glossari

API Application Programming Interface

ARM Advanced RISC Machine

BI Business intelligence

BLE Bluetooth Low Energy

CAD Computer-aided design

CoAP Constrained Application Protocol

DIY Do it yourself

FABLAB Fabrication laboratory

GPIO General Purpose Input/Output

HTTP Hypertext Transfer Protocol

HTTPS Hypertext Transfer Protocol Secure

I2C Inter-Integrated Circuit

IoT Internet of Things

MOM Message-oriented middleware

MQTT MQ Telemetry Transport

OSHW Open Source Hardware

OTA Over-the-air programming

QoS Quality of service

REST Representational State Transfer

SBC Single-board computer

SoC System on chip

STEM Science, technology, engineering, and mathematics

TSDB Time Series Database

UART Universal asynchronous receiver/transmitter

Bibliografia

- [1] M. d. I. Presidencia, «Real Decreto 1826/2009,» 11 12 2009. [En línia]. Available: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2009-19915>. [Últim accés: 30 10 2006].
- [2] Wikipedia, «Internet Of Things,» [En línia]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things. [Últim accés: 22 09 2016].
- [3] B. J. Lheureux, «IoT Drives New Integration Challenges and Best Practices,» 19 Juny 2016. [En línia]. Available: <https://www.gartner.com/doc/3187121/iot-drives-new-integration-challenges>. [Últim accés: 26 09 2016].
- [4] «Open Source Hardware Association,» [En línia]. Available: <http://www.oshwa.org/>. [Últim accés: 22 11 2016].
- [5] «Arduino,» [En línia]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. [Últim accés: 14 10 2016].
- [6] «Arduino Starter Kit,» [En línia]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoStarterKit>. [Últim accés: 14 10 2016].
- [7] «ESP8266 NodeMCU IOT Kit,» [En línia]. Available: <https://www.elecrow.com/esp8266-nodemcu-iot-kit.html>. [Últim accés: 16 10 2016].
- [8] «About Seeed Studio,» [En línia]. Available: https://www.seeedstudio.com/about_us.html. [Últim accés: 16 10 2016].
- [9] «Wio Link,» [En línia]. Available: <https://www.seeedstudio.com/Wio-Link-p-2604.html>. [Últim accés: 16 10 2016].
- [10] «Wio Link Grove Support List,» [En línia]. Available: http://wiki.seeed.cc/Wio_Link/#grove-support-list. [Últim accés: 16 10 2016].
- [11] «Wio Link Deluxe Kit,» [En línia]. Available: <https://www.seeedstudio.com/Wio-Link-Deluxe-Kit-p-2615.html>. [Últim accés: 16 10 2016].
- [12] «Cloudbit starter kit,» [En línia]. Available: <https://littlebits.cc/kits/cloudbit-starter-kit>. [Últim accés: 16 10 2016].
- [13] «Raspberry Pi 3,» [En línia]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>. [Últim accés: 18 10 2016].
- [14] «beagleboard.org,» [En línia]. Available: <https://beagleboard.org/>. [Últim accés: 20 10 2016].
- [15] «BeagleBone Green Wireless,» [En línia]. Available: http://wiki.seeed.cc/BeagleBone_Green_Wireless/. [Últim accés: 26 10 2016].

Bibliografia

- [16] «A20-OLinuXino-LIME,» [En línia]. Available: <https://www.olimex.com/Products/OLinuXino/A20/A20-OLinuXino-LIME/open-source-hardware>. [Últim accés: 26 11 2016].
- [17] «GNU,» [En línia]. Available: <https://www.gnu.org/>. [Últim accés: 18 11 2016].
- [18] «Free Software Foundation,» [En línia]. Available: <http://www.fsf.org/about/>. [Últim accés: 18 11 2016].
- [19] «InfluxDB,» [En línia]. Available: <https://www.influxdata.com/time-series-platform/influxdb/>. [Últim accés: 24 11 2016].
- [20] «OpenTSDB,» [En línia]. Available: <http://opentsdb.net/overview.html>. [Últim accés: 26 11 2016].
- [21] «Prometheus.io,» [En línia]. Available: <https://prometheus.io/>. [Últim accés: 26 11 2016].
- [22] «Node-RED,» [En línia]. Available: <https://nodered.org/>. [Últim accés: 26 11 2016].
- [23] «Node-RED Library,» [En línia]. Available: <http://flows.nodered.org>. [Últim accés: 26 11 2016].
- [24] «Grafana,» [En línia]. Available: <http://grafana.org/blog/2016/05/11/grafana-3.0-stable-released/>. [Últim accés: 26 11 2016].
- [25] «Chronograf,» [En línia]. Available: https://docs.influxdata.com/chronograf/v1.1/introduction/getting_started/. [Últim accés: 26 11 2016].
- [26] «Server Deployment Guide,» [En línia]. Available: https://github.com/Seeed-Studio/Wio_Link/wiki/Server%20Deployment%20Guide#2-deploy-directly-into-host-filesystem. [Últim accés: 13 11 2016].
- [27] «How To Secure Apache with Let's Encrypt on Ubuntu 14.04,» [En línia]. Available: <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/how-to-secure-apache-with-let-s-encrypt-on-ubuntu-14-04>. [Últim accés: 20 11 2016].
- [28] «InfluxDB downloads,» [En línia]. Available: <https://www.influxdata.com/downloads/>.
- [29] «Running on BeagleBone Boards,» [En línia]. Available: <http://nodered.org/docs/hardware/beagleboneblack>. [Últim accés: 14 11 2016].
- [30] «InfluxDB, Telegraf and Grafana on Raspberry Pi 2,» [En línia]. Available: <http://padcom13.blogspot.com.es/2015/12/influxdb-telegraf-and-grafana-on.html>. [Últim accés: 13 11 2016].

Annexos

Annex 1: Kit ELECROW ESP8266 NodeMCU IOT:

Llistat de components:

- [Crowtail- Buzzer x1](#)
- [Crowtail- Button x2](#)
- [Crowtail- LED x2](#)
- [Crowtail- Hall Sensor x1](#)
- [Crowtail- IR Receiver x1](#)
- [Crowtail- IR Emitter x1](#)
- [Crowtail- RGB-LED x1](#)
- [Crowtail- One Wire Waterproof Temperature Sensor x1](#)
- [Crowtail- Rotary Angle Sensor x1](#)
- [Crowtail- 3-Axis Digital Accelerometer\(\$\pm 16g\$ \) x1](#)
- [Crowtail- 9G Servo x1](#)
- [Crowtail- ESP8266 nodeMCU x2](#)
- [Crowtail- Switch x1](#)
- [Crowtail- Vibration Sensor x1](#)
- [Crowtail- Moisture Sensor x 1](#)
- [Crowtail- OLED x 1](#)
- [Crowtail- Relay x 1](#)
- [Crowtail- Temperature& Humidity Sensor x 1](#)
- [Crowtail- Light Sensor x 1](#)
- [Crowtail- Tilt Switch x 1](#)
- [Crowtail- Water Sensor x 1](#)
- [Crowtail- Laser Pointer x 1](#)
- [Crowtail- MOSFET x 1](#)
- [Crowtail- Flame Sensor x 1](#)
- [Crowtail- Protoboard x 1](#)
- [Crowtail- Magnetic Switch x 1](#)
- [Crowtail- PIR Motion Sensor x 1](#)
- Micro USB cable x 2

Annex 2: Kit SEEDSTUDIO Wio Link Deluxe:

Llistat de components:

- [1x Grove - Button](#)
- [1x Grove - Relay](#)
- [1x Grove - Moisture Sensor](#)
- [1x Grove - Temp&Humi Sensor](#)
- [1x Grove - Digital Light Sensor](#)
- [1x Grove - Rotary Angle Sensor](#)
- [1x Grove - Protoshield](#)
- [1x Grove - Magnetic Switch](#)
- [1x Grove - 3-Axis Digital Accelerometer\(1.5g\)](#)
- [1x Grove - IR Distance Interrupt](#)
- [1x Grove - Barometer Sensor \(BMP180\)](#)
- [1x Grove - Air quality sensor v1.3](#)
- [1x Grove - Gesture](#)
- [1x Grove - I2C Hub](#)
- [1x Grove - Speaker](#)
- [1x Grove - WS2812 Waterproof LED Strip - 30 LEDs 1 meter](#)
- [1x Micro USB Cable - 48cm](#)
- [1x Grove - Servo](#)
- [2x Wio Link](#)

Annex 3: API HTTP del prototipus:

- Sensor de temperatura i humitat

```
"GET /v1/node/GroveTempHumD0/humidity -> float humidity",  
"GET /v1/node/GroveTempHumD0/temperature -> float celsius_degree",  
"GET /v1/node/GroveTempHumD0/temperature_f -> float fahrenheit_degree",
```

- Buzzer (Alarma sonora)

```
"GET /v1/node/GenericDOutD2/onoff_status -> int onoff",  
"POST /v1/node/GenericDOutD2/onoff/{int onoff}",  
"POST /v1/node/GenericDOutD2/high_pulse/{int ms}",  
"POST /v1/node/GenericDOutD2/low_pulse/{int ms}",
```

- Pantalla OLED

```
"POST /v1/node/GroveOLED12864I2C0/clear",  
"POST /v1/node/GroveOLED12864I2C0/float/{uint8_t row}/{uint8_t col}/{float  
f}/{uint8_t decimal}",  
"POST /v1/node/GroveOLED12864I2C0/base64_string/{uint8_t row}/{uint8_t  
col}/{char *b64_str}",  
"POST /v1/node/GroveOLED12864I2C0/scroll_right/{uint8_t start_row}/{uint8_t  
end_row}/{uint8_t speed}",  
"POST /v1/node/GroveOLED12864I2C0/scroll_left/{uint8_t start_row}/{uint8_t  
end_row}/{uint8_t speed}",  
"POST /v1/node/GroveOLED12864I2C0/string/{uint8_t row}/{uint8_t col}/{char  
*str}",  
"POST /v1/node/GroveOLED12864I2C0/integer/{uint8_t row}/{uint8_t  
col}/{int32_t i}",  
"POST /v1/node/GroveOLED12864I2C0/brightness/{uint8_t brightness}",  
"POST /v1/node/GroveOLED12864I2C0/inverse_display/{uint8_t  
inverse_or_not}",  
"POST /v1/node/GroveOLED12864I2C0/stop_scroll"
```

