



## **Ανοιχτή υποδομή Internet of Things για online υπηρεσίες περιβάλλοντος Open Internet of Things infrastructure for online environmental services, Open ELIoT**

### **ΤΙΤΛΟΣ ΠΑΡΑΔΟΤΕΟΥ**

**2.4**

**“ Τεχνικός οδηγός ανάπτυξης δεύτερης έκδοσης αισθητήρων μέτρησης περιβαλλοντικών  
παραμέτρων”**

**ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΡΓΟΥ**

**T1EAK-01613**

# **EXMACHINA**

**WEATHER  
ON DEMAND**



**Αθήνα, 2019**

Οι βιβλιογραφικές αναφορές στις εργασίες της παρούσας έκθεσης παρακαλούμε να γίνονται σύμφωνα με τον ακόλουθο τρόπο:

Ex Machina<sup>1</sup>2019. Τεχνικός οδηγός ανάπτυξης δεύτερης έκδοσης αισθητήρων μέτρησης περιβαλλοντικών παραμέτρων. Ανοιχτή υποδομή Internet of Things για online υπηρεσίες περιβάλλοντος (Open ELIoT) - 18 σελ.

---

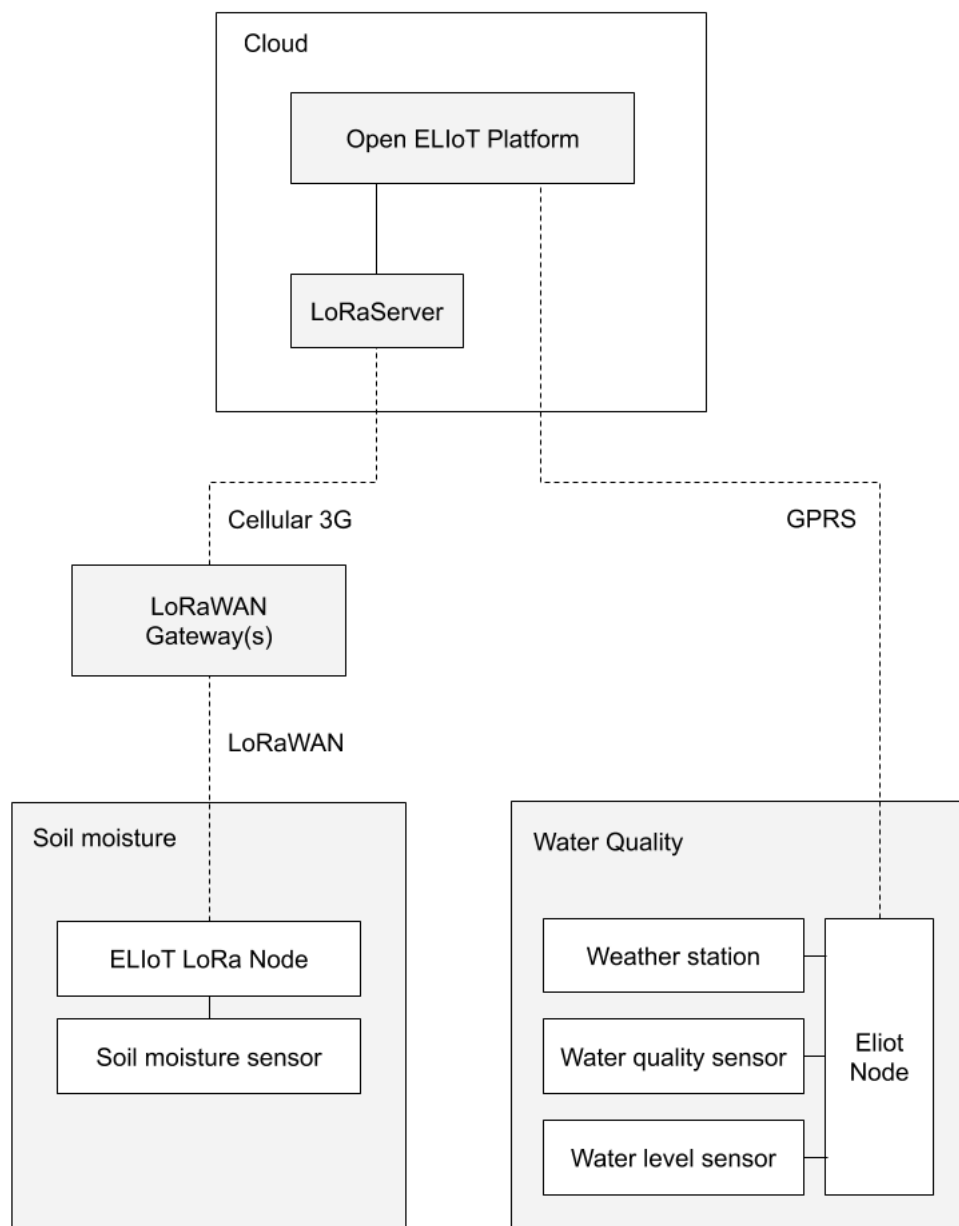
<sup>1</sup> Ομάδα Έργου

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

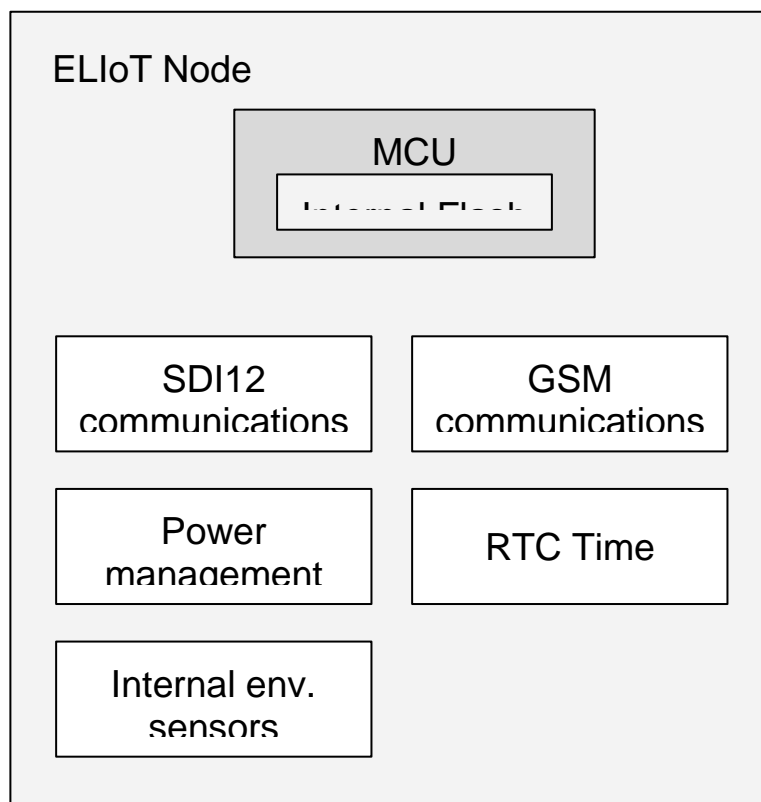
<b>Αρχιτεκτονική λύσης.....</b>	<b>4</b>
<b>Eliot Node (v2).....</b>	<b>5</b>
Κεντρικός μικροελεγκτής και βασική πλακέτα.....	6
Διάγραμμα σύνδεσης - συναρμολόγηση.....	11
Πρωτοκόλλα επικοινωνίας με αισθητήρες SDI-12.....	11
Αισθητήρας μέτρησης ποιότητας υδάτων.....	12
Αισθητήρας μέτρησης στάθμης.....	12
Μετεωρολογικός σταθμός.....	12
Ασύρματα πρωτόκολλα επικοινωνίας με πλατφόρμα.....	12
Διαχείριση ενέργειας .....	12
Περίβλημα.....	13
<b>ELIoT LoRa Node.....</b>	<b>15</b>
Κεντρικός μικροελεγκτής.....	15
Αισθητήρας μέτρησης υγρασίας.....	15
Διάγραμμα σύνδεσης - συναρμολόγηση.....	15
Υλισμικό (Firmware).....	15
LoRaWAN Gateway (RAK) .....	16
<b>Παράρτημα προδιαγραφών εξαρτημάτων (datasheets) .....</b>	<b>18</b>

## 1. Αρχιτεκτονική λύσης

Η αρχιτεκτονική παραμένει ως έχει στο Παραδοτέο D2.1. Τεχνικός οδηγός ανάπτυξης αισθητήρων μέτρησης περιβαλλοντικών παραμέτρων - 1η έκδοση (Ex Machina, 2019).



## 2. Eliot Node (v2)

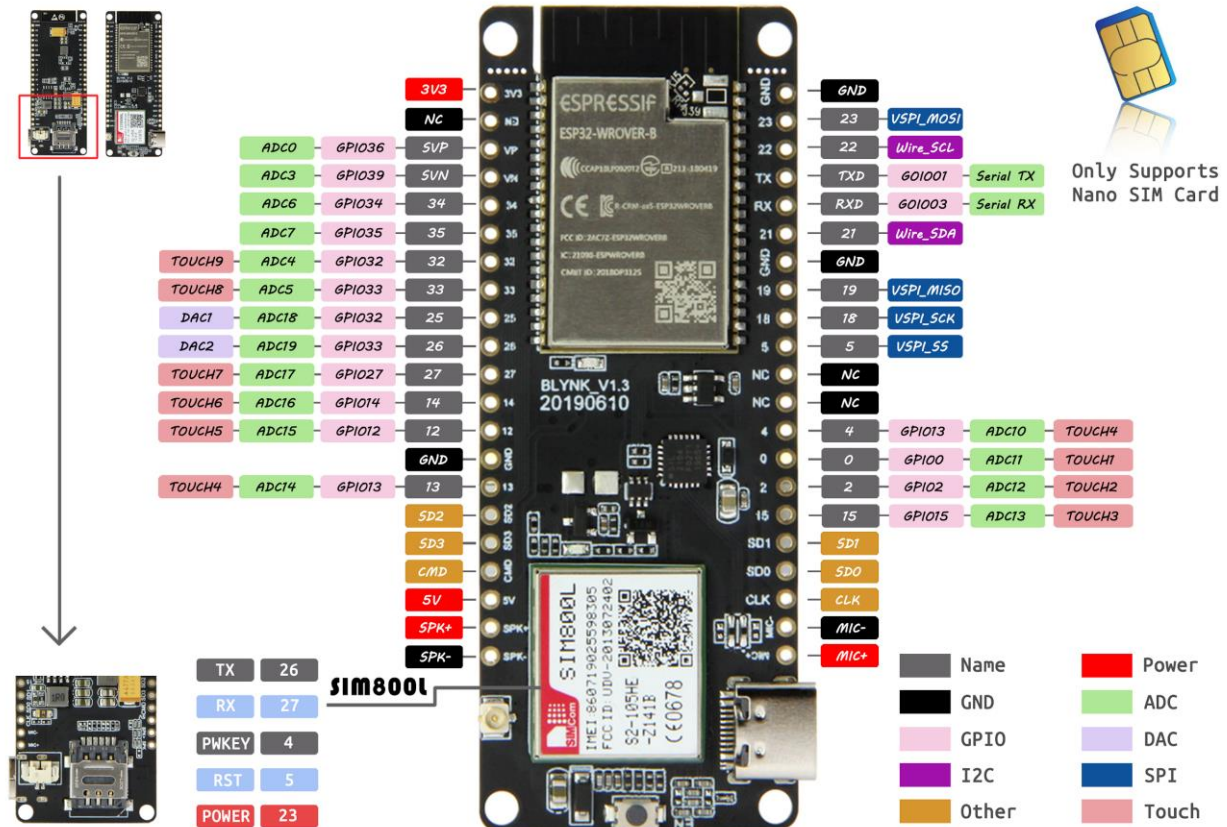


Σχήμα: Αρχιτεκτονική ELIoT Node

Το ELIoT node αποτελεί κεντρικό δομικό στοιχείο του κάθε σταθμού, στον οποίο συνδέονται όλοι οι αισθητήρες των οποίων τα δεδομένα καταγράφει, αποθηκεύει και αποστέλλει στην πλατφόρμα. Αποτελείται από κυκλώματα που του επιτρέπουν να επικοινωνεί μέσω ποικίλων πρωτοκόλλων με τους αισθητήρες, κυκλώματα διαχείρισης ενέργειας για αυτόνομη λειτουργία με φόρτιση των μπαταριών από τον ήλιο και υποστήριξη τεχνολογιών ασύρματης επικοινωνίας για αποστολή των δεδομένων.

## Κεντρικός μικροελεγκτής και βασική πλακέτα

Στην προηγούμενη έκδοση υλικού χρησιμοποιήθηκε η πλακέτα μικροελεγκτή TGo TFox η οποία όμως υστερούσε σε σημεία κρίσιμα για την λειτουργία του συστήματος πράγμα που την κατέστησε ακατάλληλη, και συνεπώς αντικαταστάθηκε με το TCall, το οποίο είναι του ιδίου κατασκευαστή. Το TCall περιέχει ενσωματωμένο το κύκλωμα SIM800 το οποίο είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία με το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας (GSM module) και έτσι αντικαθιστά ταυτόχρονα και το εξωτερικό GSM module SIM7000 της προηγούμενης έκδοσης μειώνοντας έτσι το συνολικό κόστος και αντικαθιστώντας 2 πλακέτες με μία.



Σχήμα: Πλακέτα TCall με το διάγραμμα συνδέσεων (pinout)

Hardware Specifications	
Chipset	ESPRESSIF-ESP32 240MHz Xtensa® dual-core 32-bit LX6 microprocessor
FLASH	QSPI flash 4MB / PSRAM 8MB
SRAM	520 kB SRAM
Button	Reset
USB to TTL	CP2104
Modular interface	UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, TV PWM, I2S, IRGPIO, capacitor touch sensor, ADC, DAC/LNA pre-amplifier
On-board clock	40MHz crystal oscillator

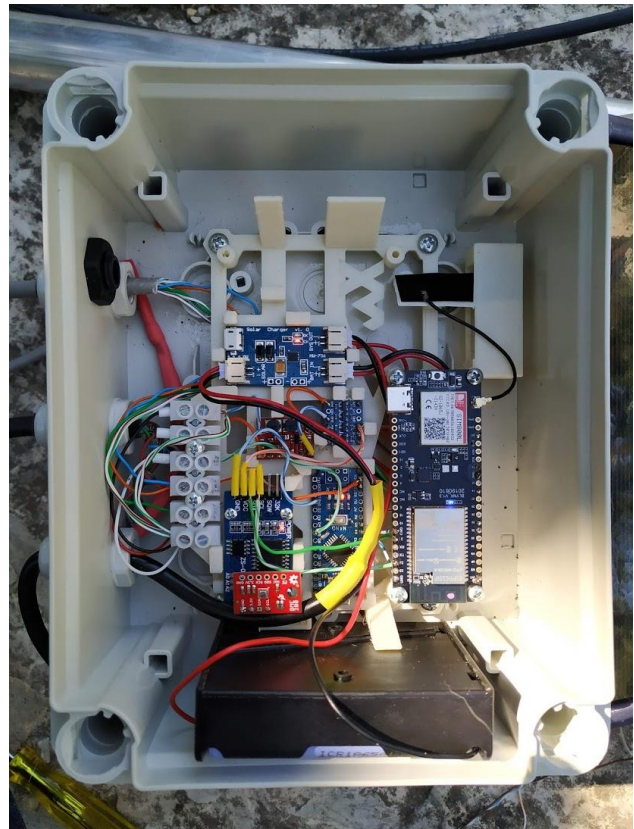
Working voltage	2.7V-3.6V
Working current	About 70mA
Sleep current	About 300uA
SIM card	Only supports Nano SIM card
Working temperature range	-40°C ~ +85°C
Size & Weight	78.83mm*28.92mm*8.06mm(11.77g)
Power Supply Specifications	
Power Supply	USB 5V/1A
Charging current	500mA
Battery	3.7V lithium battery
JST Connector	2Pin 1.25mm
USB	Type-C
Wi-Fi	
Standard	FCC/CE-RED/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC
Protocol	802.11 b/g/n(802.11n, speed up to150Mbps)A-MPDU and A-MSDU polymerization, support 0.4μS Protection interval
Frequency range	2.4GHz~2.5GHz(2400M~2483.5M)
Transmit Power	22dBm
Communication distance	300m
bluetooth	
Protocol	meet bluetooth v4.2BR/EDR and BLE standard
Radio frequency	with -97dBm sensitivity NZIF receiver Class-1,Class-2&Class-3 emitter AFH
Audio frequency	CVSD&SBC audio frequency
<b>Software specifications</b>	
Wi-Fi Mode	Station/SoftAP/SoftAP+Station/P2P
Security mechanism	WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
Encryption Type	AES/RSA/ECC/SHA
Firmware upgrade	UART download/OTA(Through network/host to download and write firmware)



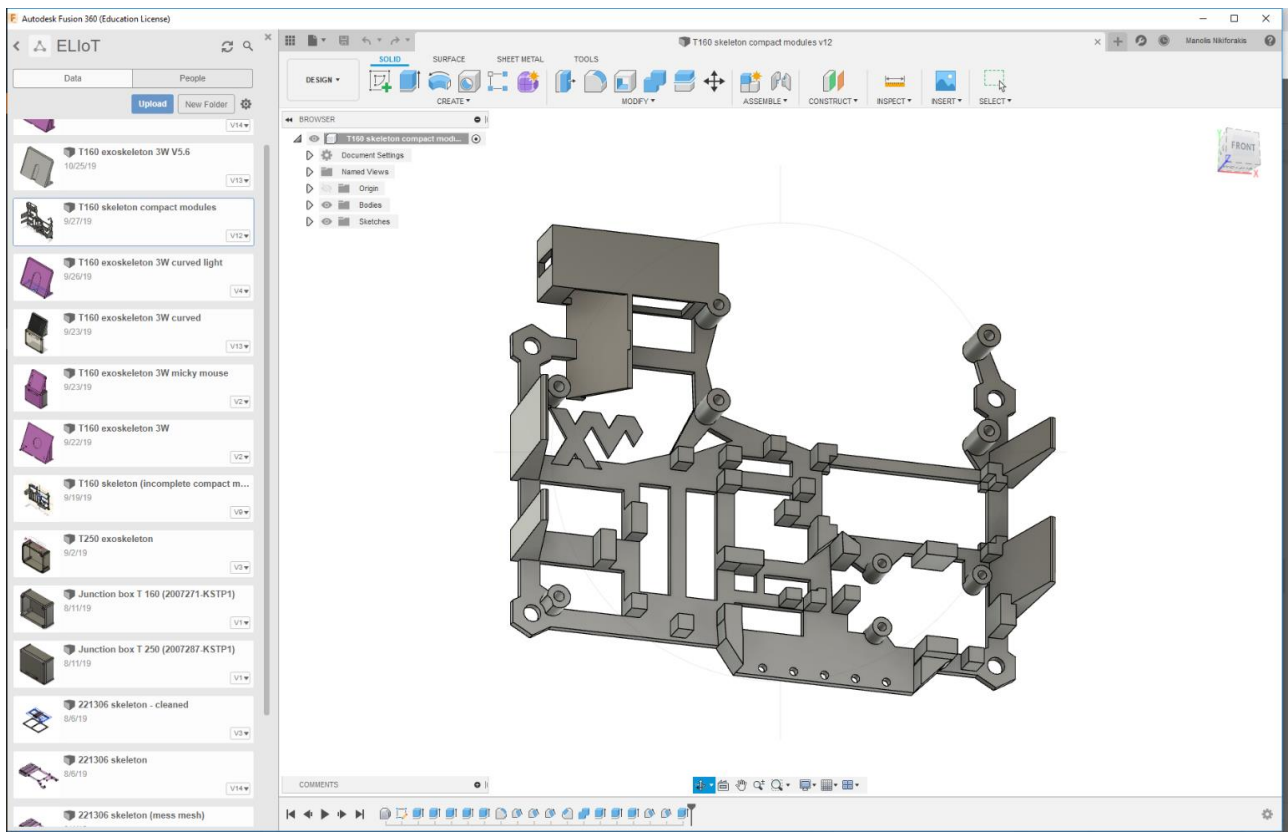
Software Development	Support cloud server development /SDK for user firmware development
Networking protocol	IPv4, IPv6, SSL, TCP/UDP/HTTP/FTP/MQTT
User Configuration	AT + Instruction set, cloud server, android/iOSapp
OS	FreeRTOS

Πίνακας: Χαρακτηριστικά TTGo TCall

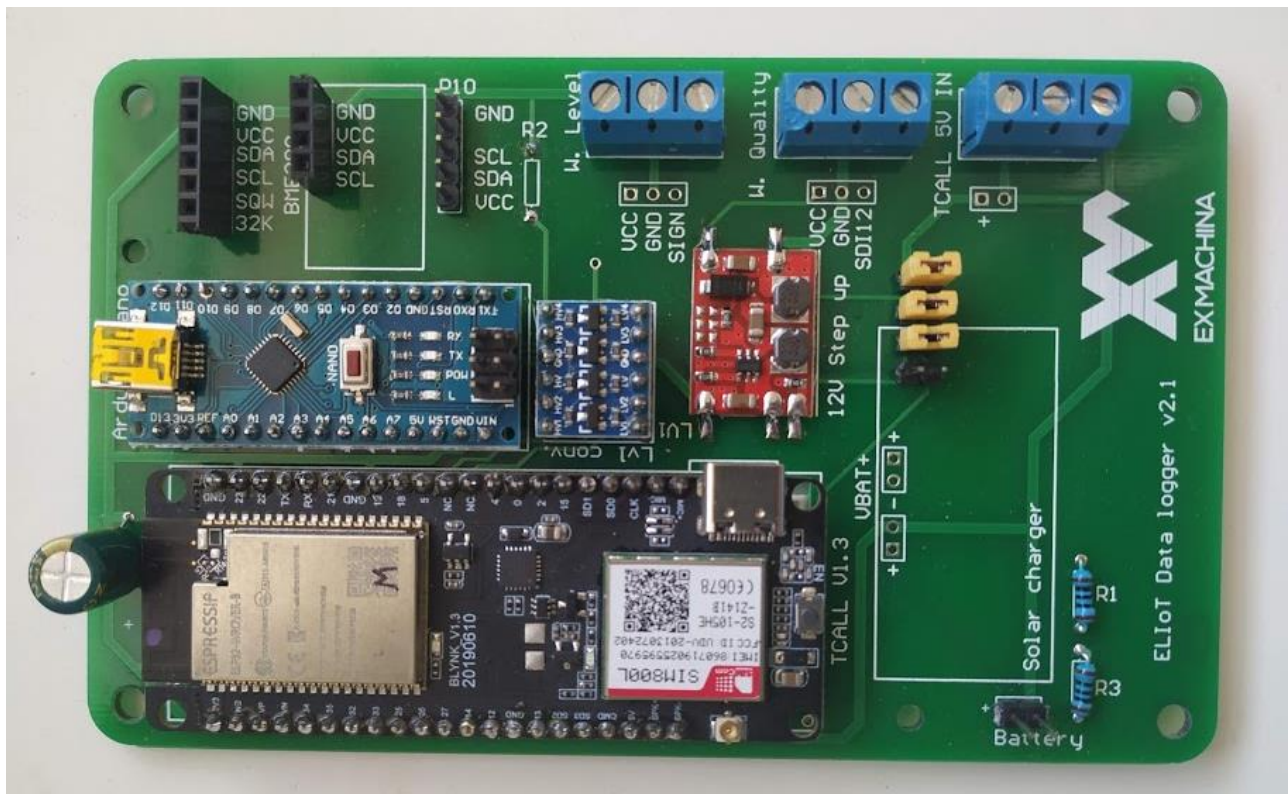
Επιπλέον σχεδιάστηκε κύκλωμα-πλακέτα στήριξης (carrier PCB) όπου τοποθετούνται όλες οι υποπλακέτες (modules) διευκολύνοντας κατά πολύ τη διαδικασία της συναρμολόγησης και την αξιοπιστία του συστήματος. Η πλακέτα βιδώνεται απευθείας μέσα στο περίβλημα και έτσι καταργείται η 3D εκτυπωμένη πλαστική βάση στήριξης για τα Modules και το κουτι OBO T160.



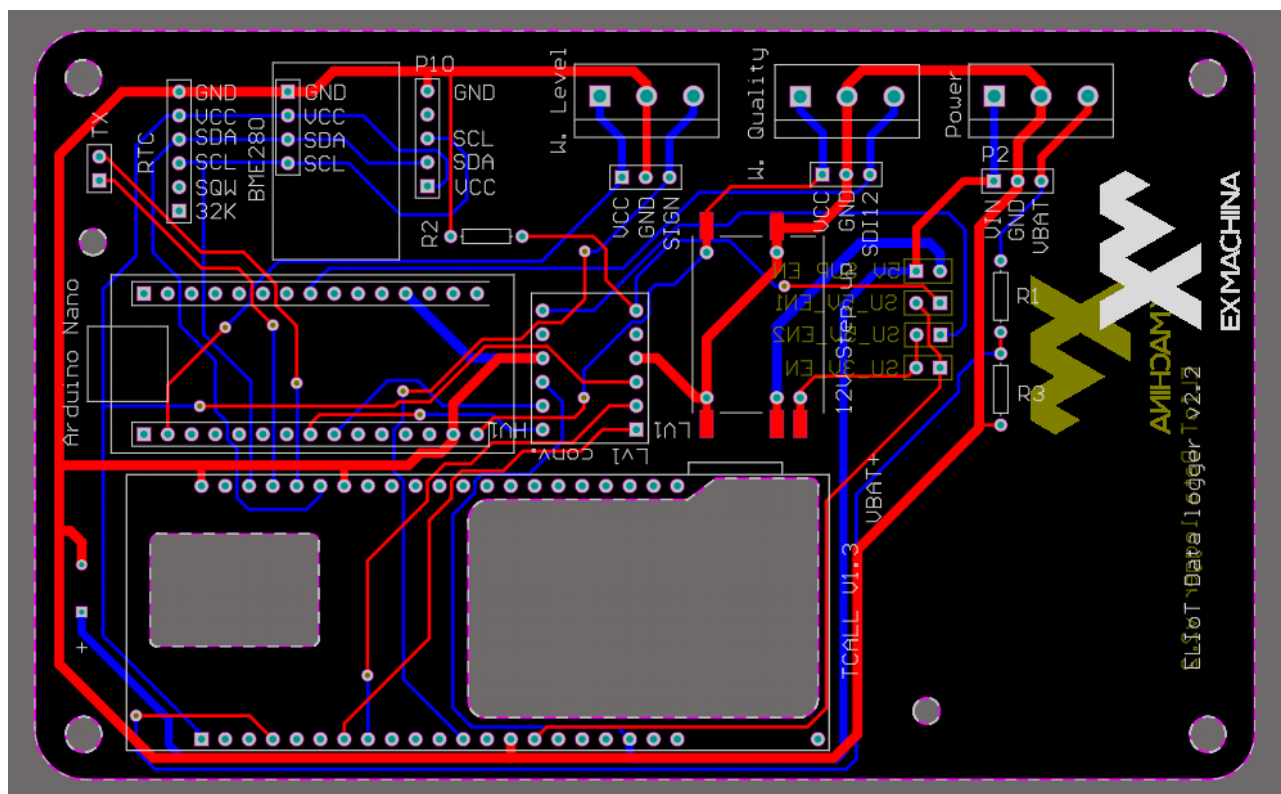




Σχήμα: 3D σκελετος για modules

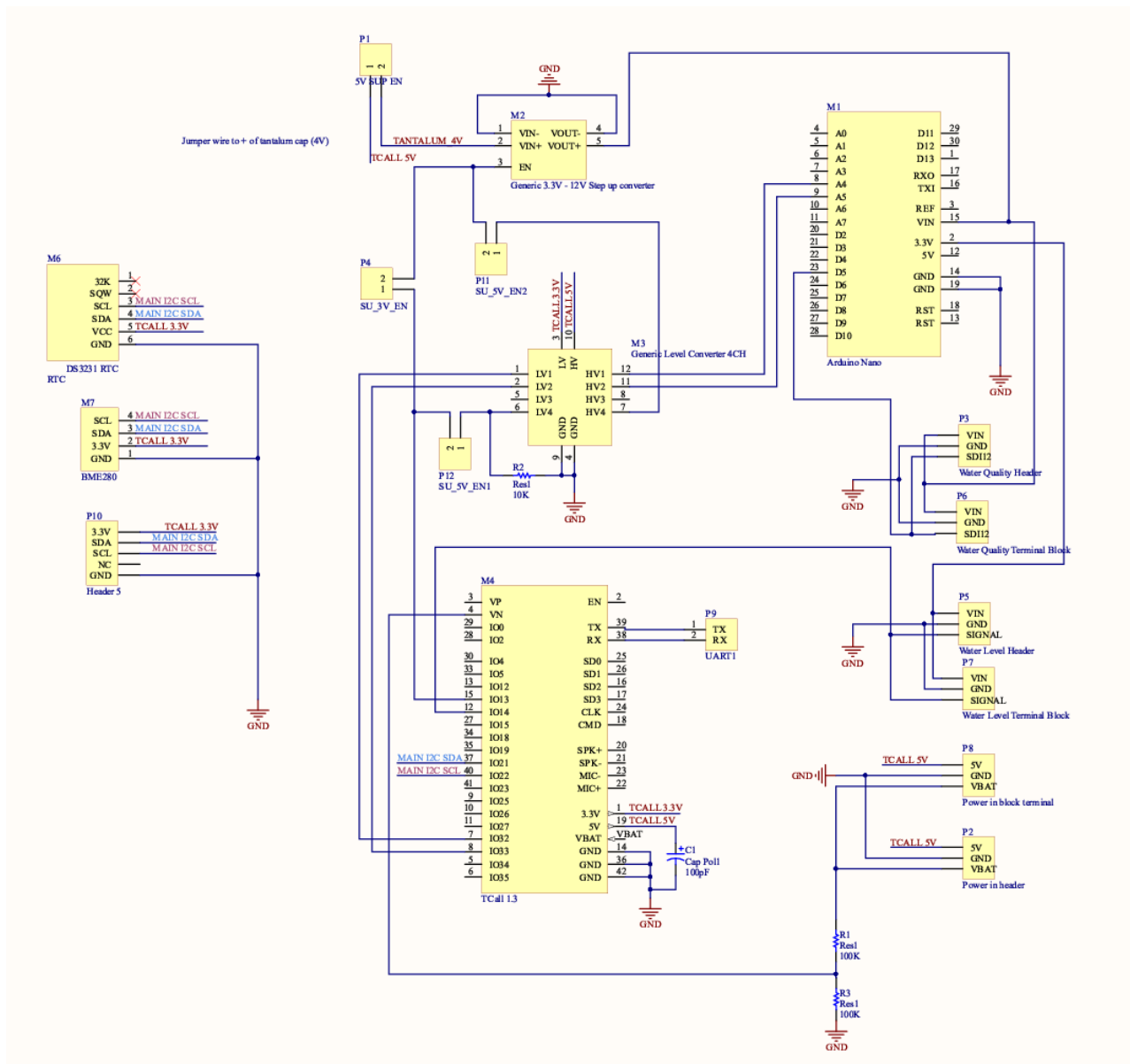


Σχήμα: Πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος (PCB)



Σχήμα: Πλακέτα Node

## Διάγραμμα σύνδεσης - συναρμολόγηση



Σχήμα: Σχηματικό Node

## Επικοινωνίες GSM

Λόγω της μετάβασης της κεντρικής πλακέτας από TFox σε TCall, δεν υφίσταται η ανάγκη για εξωτερικό GSM module αφού το TCall περιέχει ενσωματωμένο module με παρόμοια χαρακτηριστικά και καλύπτει πλήρως τις ανάγκες της κατασκευής. Έτσι το εξωτερικό module SIM7000 που βρισκόταν σε ανεξάρτητη πλακέτα, αντικαταστάθηκε με το SIM800 που λόγω της εγγύτητας του στον κεντρικό μικροεπεξεργαστή καθώς και της ανάλογης θωράκισης του τελευταίου, εξάλειψε τον θόρυβο στις επικοινωνίες και έτσι βελτιώθηκαν αισθητά οι επιδόσεις και η αξιοπιστία του συστήματος συνολικά.

## Πρωτοκόλλα επικοινωνίας με αισθητήρες SDI-12

Παραμένει ως έχει στο D2.1

## Αισθητήρας μέτρησης ποιότητας υδάτων

Παραμένει ως έχει στο D2.1.

## Αισθητήρας μέτρησης στάθμης

Σε προηγούμενη έκδοση ο αισθητήρας επικοινωνούσε με τον μικροελεγκτή αναλογικά, παράγοντας τάση ανάλογη της απόστασης του από τη στάθμη του νερού. Η μέθοδος αυτή ενώ λειτουργούσε φυσιολογικά, συχνά λόγω παρεμβολών από εξωτερικούς παράγοντες (ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, θόρυβος στη γραμμή λόγω ασταθούς παροχής ενέργειας κ.α.) εισήγαγε σφάλματα στη μέτρηση με τη στάθμη να ταλαντεύεται συχνά γύρω από το πραγματικό νούμερο. Για το λόγο αυτό στην τρέχουσα έκδοση η ανάγνωση του αισθητήρα πλέον γίνεται μέσω του σήματος PWM που παράγει ο ίδιος σε διαφορετικό κανάλι. Το σήμα αυτό αποτελείται από έναν παλμό σταθερής συχνότητας με πλάτος ανάλογο της απόστασης του από την επιφάνεια του νερού ( $58\mu\text{S} / \text{cm}$ ). Το σήμα αυτό καταγράφεται από τον μικροελεγκτή και από το πλάτος του συμπεραίνεται το αποτέλεσμα. Λόγω της ψηφιακής φύσης του σήματος είναι λιγότερο επιρρεπές σε εξωτερικές παρεμβολές.

## Μετεωρολογικός σταθμός

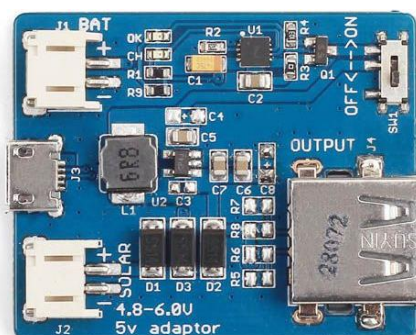
Παραμένει ως έχει στο D2.1

## Ασύρματα πρωτόκολλα επικοινωνίας με πλατφόρμα

Παραμένουν ως έχουν στο D2.1

## Διαχείριση ενέργειας

Κατά τις δοκιμές το ενσωματωμένο κύκλωμα διαχείρισης ενέργειας IP5306 του TCall παρουσίασε λειτουργικά προβλήματα που το καθιστούν ακατάλληλο για αυτόνομη λειτουργία. Συγκεκριμένα στην περίπτωση που τα αποθέματα ενέργειας της μπαταρίας εξαντληθούν πλήρως και σε μετέπειτα χρονικό διάστημα επανέλθουν σε λειτουργικά επίπεδα λόγω ηλιακής φόρτισης, απαιτείται ανθρώπινη επέμβαση για να γίνει επανεκκίνηση του χειροκίνητα, ειδικά αν η παροχή ενέργειας μένει ανενεργή παρόλο που υπάρχει αρκετή. Για αυτό το λόγο είναι ακατάλληλο για αυτόνομη λειτουργία σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχει η ευχέρεια ανθρώπινης παρέμβασης. Για την αποφυγή αυτής της κατάστασης το σύστημα διαχείρισης ενέργειας του TCall αντικαταστάθηκε με αντίστοιχο εξωτερικό module και συγκεκριμένα με το Seeed LiPo Rider, το οποίο διαθέτει ηλιακή φόρτιση και παράγει σταθερή τάση 5V στην έξοδό του. Το LiPo Rider συνδέεται απευθείας στη γραμμή των 5V του TCall και έτσι προσπερνάει τελείως το δικό του κύκλωμα διαχείρισης ενέργειας.

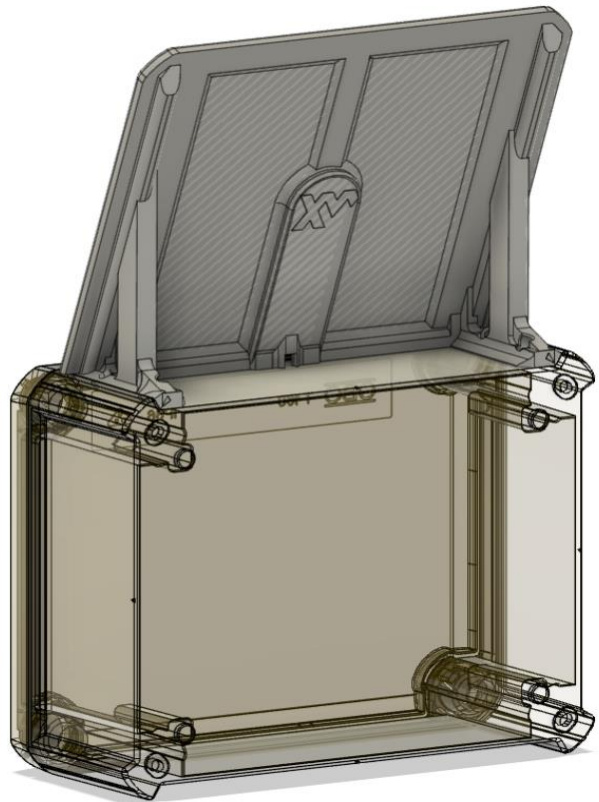
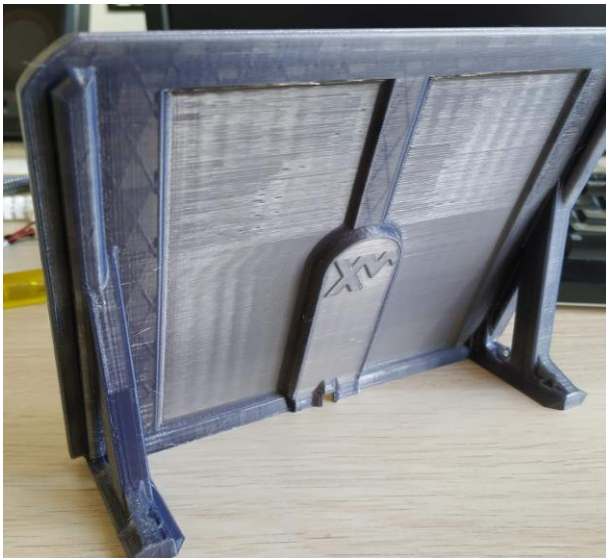


Σχήμα: LiPo Rider



## Περίβλημα

Το κουτί με ενσωματωμένο ηλιακό πάνελ 2W ανεβάζει υψηλες θερμοκρασίες το καλοκαίρι σε πλήρη ηλιοφάνεια (π.χ. 60C). Για αυτό το λόγο αποφασίσαμε να μεταφέρουμε το ηλιακό πάνελ έξω απο το κουτι, σχεδιάζοντας μια ειδική θήκη που προσαρμόζεται σε ενα οικονομικό αδιάβροχο κουτί, την οποία και εκτυπώνουμε σε ειδικό 3D printer με PETG filament. Το νέο solar panel είναι μεγαλύτερο 3W.



Σχήμα: Bopla vs OBO T160  
+ 3D printed εξωτερικός σκελετός solar panel για OBO T160



Σχήμα: Τελικό κουτί OBO T160 με 3D printed 3W solar panel



### 3. ELIoT LoRa Node

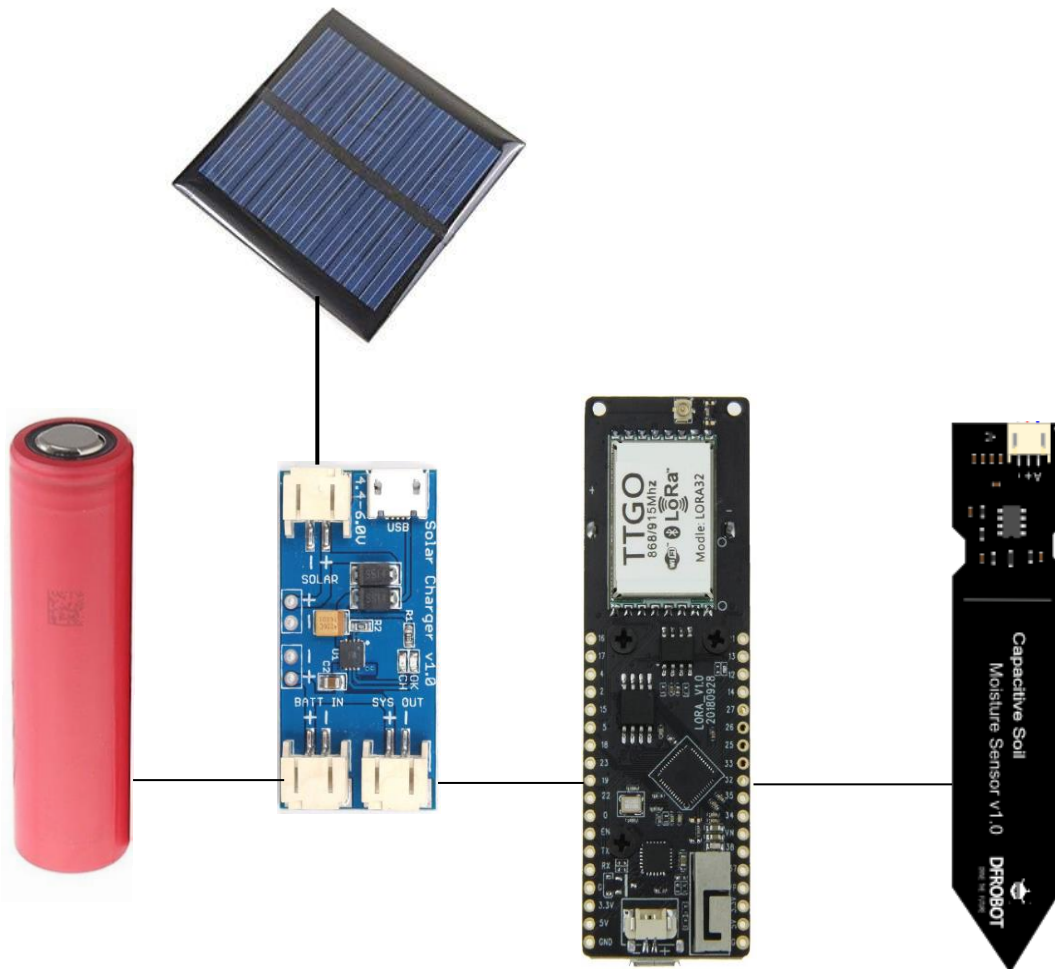
#### Κεντρικός μικροελεγκτής

Παραμένει ως έχει στο D2.1

#### Αισθητήρας μέτρησης υγρασίας

Παραμένει ως έχει στο D2.1

#### Διάγραμμα σύνδεσης - συναρμολόγηση



Σχήμα: Διάγραμμα σύνδεσης

#### Υλισμικό (Firmware)

Προστέθηκε η δυνατότητα υποστήριξης πολλαπλών πλακετών μικροελεγκτή, μέσω ρύθμισης στο αρχείο ρυθμίσεων platformio.ini. Έτσι εαν υπάρχει η ανάγκη να χρησιμοποιηθεί άλλη πλακέτα από την TCall, μπορεί να προστεθεί το αντίστοιχο header αρχείο (board definition file) στο φάκελο includes/boards με τις κατάλληλες ρυθμίσεις και αντιστοιχίες εξόδων (pins) για τη συγκεκριμένη πλακέτα. Έπειτα αλλάζοντας τη μεταβλητή “name” στην ενότητα “[board\_config]” του platformio.ini στο όνομα του αρχείου που δημιουργήσαμε, προγραμματίζουμε τη νέα πλακέτα. Ως πρότυπο για τη δημιουργία νέου αρχείου μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποιο από τα ήδη υπάρχοντα.

Πληθώρα βελτιώσεων έχουν ενσωματωθεί και είναι διαθέσιμα αναλυτικά στο ιστορικό των commit στο αποθετήριο.

## LoRaWAN Gateway (RAK)

Το RAK Outdoor Gateway παρέχει φιλικό διαχειριστικό περιβάλλον που είναι προσβάσιμο από οποιονδήποτε φυλλομετρητή ιστού (browser) με ενσωματωμένο LoRaWAN network server σε αντίθεση με το Lorix One που χρησιμοποιήθηκε στην έκδοση v1 παραδοτέο D2.1.

Η διεύθυνση IP που θα ανατεθεί στο Gateway όταν συνδεθεί στο δίκτυο δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων και για αυτό ο διαχειριστής θα πρέπει να την ανακαλύψει με κάποιο τρόπο (π.χ nmap, port scanning κλπ). Στρέφοντας το φυλλομετρητή στη διεύθυνση αυτή ενδέχεται να εμφανιστεί μήνυμα με προειδοποίηση για την ασφάλεια του ιστότοπου, όπου ο διαχειριστής θα πρέπει να κάνει τις απαραίτητες ρυθμίσεις για να παρακάμψει αυτόν τον περιορισμό και να αποκτήσει πρόσβαση στον ιστότοπο. Μετά από αυτά τα βήματα θα πρέπει να εμφανίζεται η αρχική σελίδα του RAK Gateway.



Στην αρχική σελίδα απαιτείται σύνδεση με το όνομα και τον κωδικό διαχειριστή, όπου τα προ-ρυθμισμένα στοιχεία χρήστη είναι username: **root** και password: **root**.

Για την ενεργοποίηση του ενσωματωμένου στο gateway LoRa server, απαιτείται η ενεργοποίηση του από το μενού LoRa Gateway -> LoRa Packet Forwarder. Εκεί στο tab General Setup πρέπει να καθοριστούν σωστά τα 2 παρακάτω πεδία:

- Protocol: πρέπει να επιλεγεί το **Built-in LoRa Server**
- Frequency Plan -> Region: **EU863-870**

Στη συνέχεια επιλέται το κουμπί “Save & Apply” ώστε να αποθηκευτούν και να ενεργοποιηθούν οι αλλαγές.

Στο μενού LoRa Network Server -> Application εμφανίζονται οι ενεργές εφαρμογές και επιλέγοντας μια από αυτές εμφανίζονται οι συσκευές που ανήκουν σε αυτή. Για την προώθηση των δεδομένων στο Thingsboard αρκεί να δημιουργηθεί ένα καινούριο Integration, επιλέγοντας Integrations -> Create. Σε αυτό το σημείο επιλέγεται το **Thingsboard.io** από το dropdown στην επιλογή Integration kind και στο πεδίο Thingsboard server συμπληρώνεται η διεύθυνση του.

Όπως αναφέρεται και στη σημείωση κάτω από τη διεύθυνση του Thingsboard server, κάθε device που δημιουργείται θα πρέπει να συνοδεύεται και από μια μεταβλητή με το όνομα **ThingsBoardAccessToken** και τιμή το **Access Token** του αντίστοιχου device στο Thingsboard server.

## **Παράρτημα προδιαγραφών εξαρτημάτων (datasheets)**

Ο φάκελος appendix ενημερώθηκε με τα τελευταία εγχειρίδια (datasheets) των εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται.