

Διαδίκτυο των Πραγμάτων (4^ο Εργαστήριο)

MQTT & Arduino MKR

Διδάσκων : Κωνσταντίνος Μαλιάτσος
Εργαστηριακοί Συνεργάτες: Τσίπης Λευτέρης,
Παπαϊωάννου Γρηγόριος

Περιεχόμενα

2

- Εισαγωγή στο MQTT πρωτόκολλο
- Δημιουργία εφαρμογής MQTT - Publish Subscribe σε Python
- Αποστολή δεδομένων στο The Things Network (TTN) μέσω Arduino MKRWAN 1300-1310
- Δραστηριότητα ανάκτησης δεδομένων με το MQTT



MQTT πρωτόκολλο (1/4)

- Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)
- Ξεκίνησε από τους Dr Andy Stanford-Clark της IBM και Arlen Nipper της Arcom (σημερινή Eurotech) το 1999
- Το MQTT αποτελεί ένα εξαιρετικά απλό και ελαφρύ πρωτόκολλο μεταφοράς μηνυμάτων (messaging protocol)
- Ακολουθεί την publish/subscribe αρχιτεκτονική.



MQTT πρωτόκολλο (2/4)

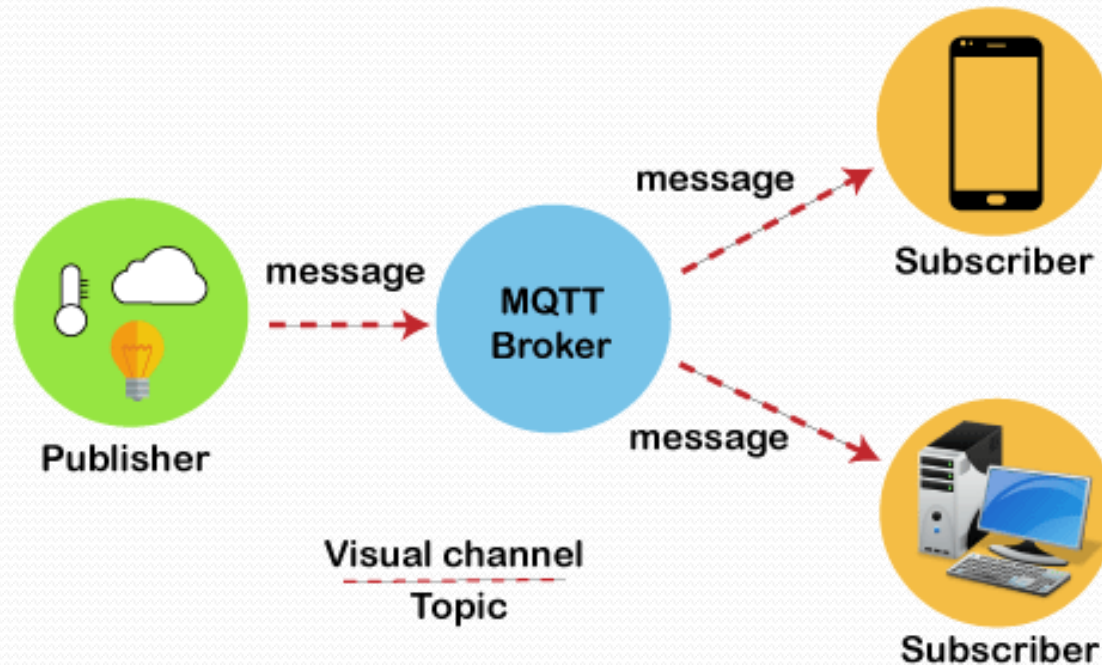
4

- Το MQTT είναι πρωτόκολλο Client Server publish/subscribe messaging transport protocol
- Υπάρχουν πολλοί Clients που είναι συνδεδεμένοι με το broker (server). Αυτοί οι πελάτες είναι είτε **publisher** είτε **subscriber** είτε και τα δύο ταυτόχρονα.
- **Broker** - ο ενδιάμεσος εξυπηρετητής (server) που διανέμει την πληροφορία στους πελάτες (client) που είναι συνδεδεμένοι σε αυτόν και ενδιαφερόμενοι για ένα θέμα (topic)
- **Publisher** - Οι Clients που στέλνουν πληροφορία στον Broker προκειμένου να την διανείμει στους ενδιαφερόμενους για το topic που τους ενδιαφέρει.
- **Subscriber** - Οι clients ενημερώνουν το broker για ποιο/α θέμα/τα ενδιαφέρονται. Όταν ένας client εγγράφεται σε ένα topic, όλα τα μηνύματα που στέλνονται στον broker στέλνονται στους subscribers που είναι εγγεγραμμένοι στο topic.



MQTT πρωτόκολλο (3/4)

MQTT Architecture



MQTT πρωτόκολλο (4/4)



Δημιουργία εφαρμογής MQTT - Publish Subscribe σε Python

7

- Εγκατάσταση Python : <https://www.python.org/downloads/>
- Φτιάχνουμε έναν φάκελο στην επιφάνεια εργασίας με όνομα “mqtt_demo”
- Ανοίγουμε το Command Prompt του Windows και πηγαίνουμε στο φάκελο “mqtt_demo” πατώντας την εντολή **cd “file path”**.

```
Microsoft Windows [Version 10.0.19045.2251]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\admin> cd "C:\Users\admin\OneDrive - aegean.gr\Desktop\mqtt_demo"

C:\Users\admin\OneDrive - aegean.gr\Desktop\mqtt_demo>dir
Volume in drive C has no label.
Volume Serial Number is 7ECF-2DCB

Directory of C:\Users\admin\OneDrive - aegean.gr\Desktop\mqtt_demo

11/21/2022 12:28 PM <DIR>          .
11/21/2022 12:28 PM <DIR>          ..
                0 File(s)              0 bytes
                2 Dir(s)      5,799,890,944 bytes free

C:\Users\admin\OneDrive - aegean.gr\Desktop\mqtt_demo> cd "C:\Users\admin\OneDrive - aegean.gr\Desktop\mqtt_demo"
```

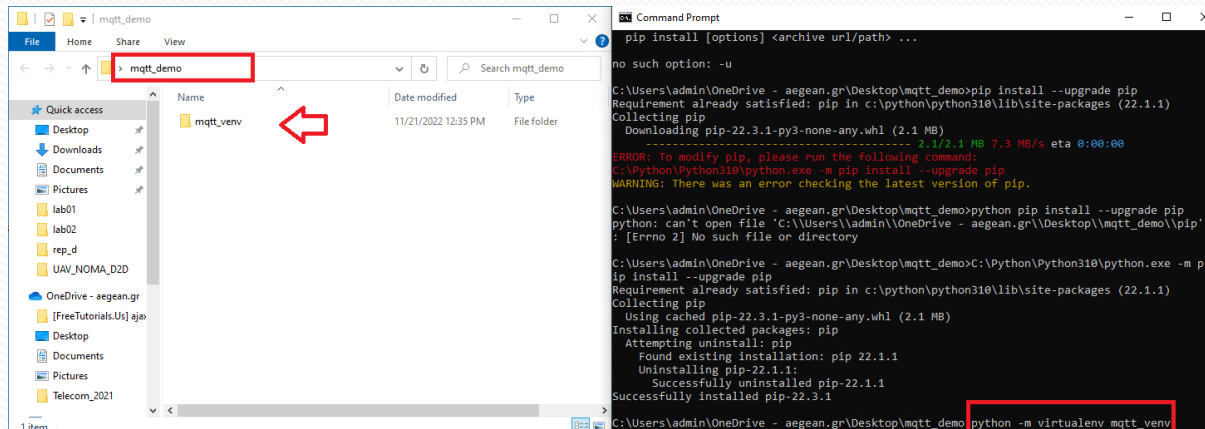
- Εγκατάσταση pip (package manager for Python packages): **pip install --upgrade pip**
- Εγκατάσταση virtualenv: **pip install virtualenv**



Δημιουργία εφαρμογής MQTT - Publish Subscribe σε Python

8

- Δημιουργία Virtual Environment με όνομα “mqtt_venv” : `python -m virtualenv mqtt_venv`



```
pip install [options] <archive url/path> ...
no such option: -u

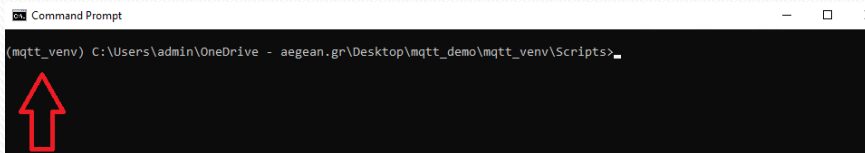
C:\Users\admin\OneDrive - aegean.gr\Desktop\mqtt_demo>pip install --upgrade pip
Requirement already satisfied: pip in c:\python\python310\lib\site-packages (22.1.1)
Collecting pip
  Downloading pip-22.3.1-py3-none-any.whl (2.1 MB)
-----
2.1/2.1 MB 7.3 MB/s eta 0:00:00
ERROR: To modify pip, please run the following command:
C:\Python\Python310\python.exe -m pip install --upgrade pip
WARNING: There was an error checking the latest version of pip.

C:\Users\admin\OneDrive - aegean.gr\Desktop\mqtt_demo>python pip install --upgrade pip
python: can't open file 'C:\Users\admin\OneDrive - aegean.gr\Desktop\mqtt_demo\pip':
[Errno 2] No such file or directory

C:\Users\admin\OneDrive - aegean.gr\Desktop\mqtt_demo>C:\Python\Python310\python.exe -m pip
install --upgrade pip
Requirement already satisfied: pip in c:\python\python310\lib\site-packages (22.1.1)
Collecting pip
  Using cached pip-22.3.1-py3-none-any.whl (2.1 MB)
Installing collected packages: pip
  Attempting uninstall: pip
    Found existing installation: pip 22.1.1
    Uninstalling pip-22.1.1:
      Successfully uninstalled pip-22.1.1
  Successfully installed pip-22.3.1

C:\Users\admin\OneDrive - aegean.gr\Desktop\mqtt_demo>python -m virtualenv mqtt_venv
```

- Ενεργοποίηση του **virtualenv** εκτελώντας τις δυο ακόλουθες εντολές:
 - `cd mqtt_venv/Scripts`
 - `activate.bat`



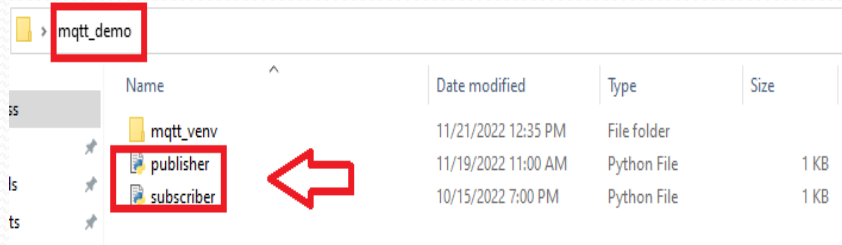
```
(mqtt_venv) C:\Users\admin\OneDrive - aegean.gr\Desktop\mqtt_demo\mqtt_venv\Scripts>
```



Δημιουργία εφαρμογής MQTT - Publish Subscribe σε Python

9

- Κατεβάστε τα δύο αρχεία από το e-class και τοποθετήστε τα στο φάκελο “mqtt_demo” όπως απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα



- Εγκατάσταση του [Eclipse Paho](#) MQTT Python client library: **pip install paho-mqtt**

```
(mqtt_venv) C:\Users\admin\OneDrive - aegean.gr\Desktop\mqtt_demo pip install paho-mqtt
Collecting paho-mqtt
  Using cached paho_mqtt-1.6.1-py3-none-any.whl
Installing collected packages: paho-mqtt
Successfully installed paho-mqtt-1.6.1

[notice] A new release of pip available: 22.2.2 -> 22.3.1
[notice] To update, run: python.exe -m pip install --upgrade pip
```



Δημιουργία εφαρμογής MQTT - Publish Subscribe σε Python

10

Προσοχή!
Αντικαταστήστε
το icstdxxxx με
το δικό σας.

```
import paho.mqtt.client as mqtt
from random import randrange, uniform
import time

mqttBroker = "test.mosquitto.org"
client = mqtt.Client("icstdxxxx_temperature")
client.connect(mqttBroker)

while True:
    randomNumber = uniform(20.0, 21.0)
    client.publish("icstdxxxx_temp", randomNumber)
    print("Just published " + str(randomNumber) + " to topic icstdxxxx_temp")
    time.sleep(1)
```

Publisher

```
import paho.mqtt.client as mqtt
import time

def on_message(client, userdata, message):
    print("received message: " ,str(message.payload.decode("utf-8")))

mqttBroker = "test.mosquitto.org"

client = mqtt.Client("icstdxxxx_smartphone")
client.connect(mqttBroker)

client.loop_start()
client.subscribe("icstdxxxx_temp")
client.on_message=on_message

time.sleep(1)
client.loop_stop()
```

Subscriber

Δημιουργία εφαρμογής MQTT - Publish Subscribe σε Python

11

- Επιστρέψτε στον φάκελο “**mqtt_demo**” με την εντολή: **cd ..**
- Τρέξτε το αρχείο **publisher.py** με την εντολή εφόσον επαληθεύσετε ότι βρίσκεστε στο φάκελο “**mqtt_demo**” με την εντολή: **python publisher.py** ή **py publisher.py**

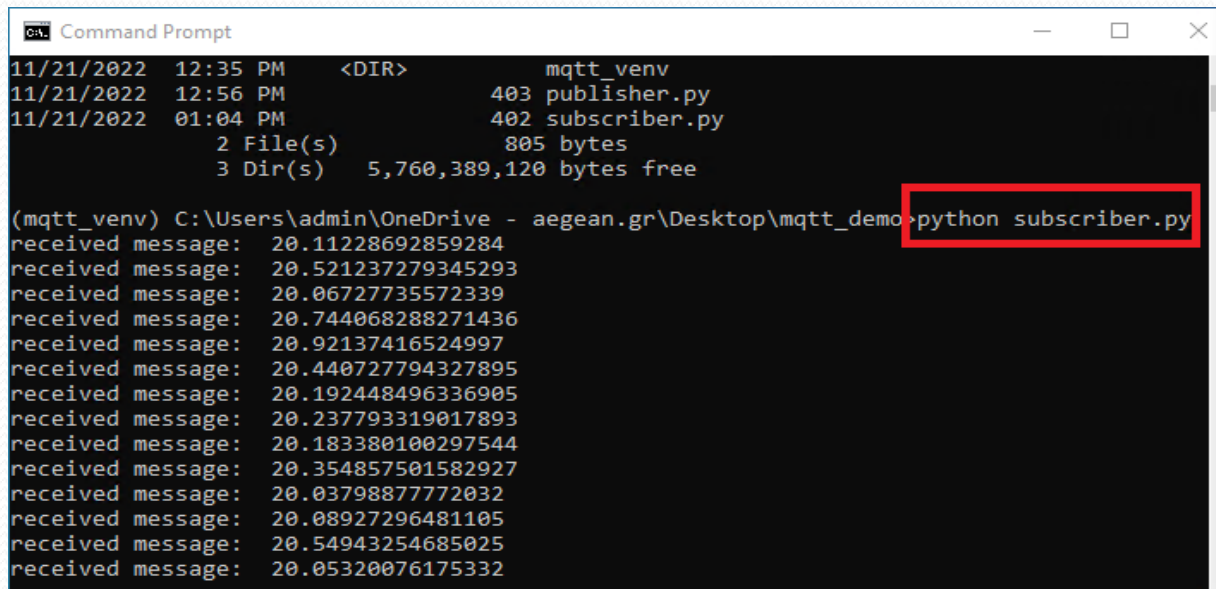
```
(mqtt_venv) C:\Users\admin\OneDrive - aegean.gr\Desktop\mqtt_demo>python publisher.py
Just published 20.275813629488194 to topic icstdxxxx_temp
Just published 20.2271589379991 to topic icstdxxxx_temp
Just published 20.691911221574177 to topic icstdxxxx_temp
Just published 20.10823192241663 to topic icstdxxxx temp
```



Δημιουργία εφαρμογής MQTT - Publish Subscribe σε Python

12

- Ανοίγω ένα νέο cmd instance και ενεργοποιώ το εικονικό περιβάλλον.
 - `cd mqtt_venv/Scripts`
 - `activate.bat`
- Τρέξετε το αρχείο `subscriber.py` με την εντολή εφόσον επαληθεύσετε ότι βρίσκεστε στο φάκελο `"mqtt_demo"` με την εντολή: `python subscriber.py` ή `py subscriber.py`



```
Command Prompt
11/21/2022 12:35 PM <DIR> mqtt_venv
11/21/2022 12:56 PM 403 publisher.py
11/21/2022 01:04 PM 402 subscriber.py
2 File(s) 805 bytes
3 Dir(s) 5,760,389,120 bytes free

(mqtt_venv) C:\Users\admin\OneDrive - aegean.gr\Desktop\mqtt_demo>python subscriber.py
received message: 20.11228692859284
received message: 20.521237279345293
received message: 20.06727735572339
received message: 20.744068288271436
received message: 20.92137416524997
received message: 20.440727794327895
received message: 20.192448496336905
received message: 20.237793319017893
received message: 20.183380100297544
received message: 20.354857501582927
received message: 20.03798877772032
received message: 20.08927296481105
received message: 20.54943254685025
received message: 20.05320076175332
```

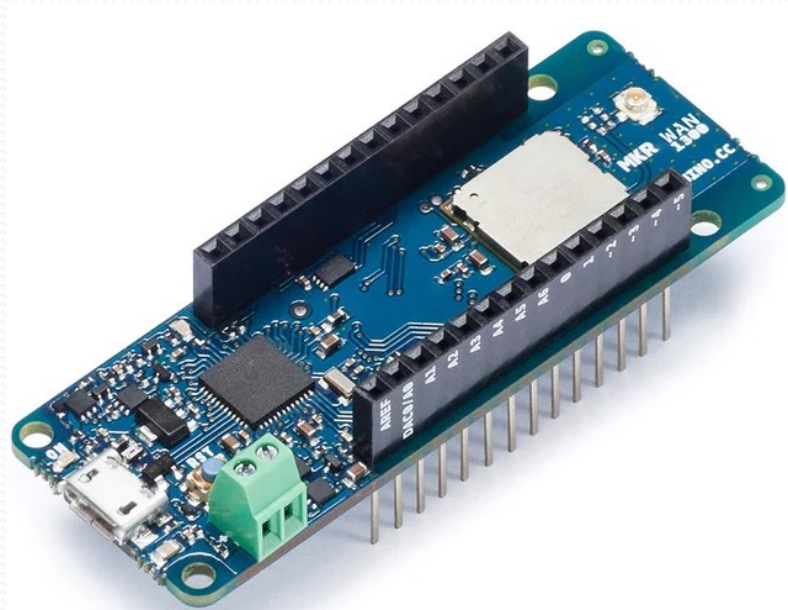
Microcontroller

- Το Arduino MKR WAN 1300 ήταν η πρώτη πλακέτα LoRa[®] που κυκλοφόρησε από την Arduino, ως μια πρακτική και οικονομικά αποδοτική λύση με ελάχιστες απαιτήσεις ισχύος.
- Το Arduino MKR WAN 1300 μπορεί να συνδεθεί με :
 - Arduino IoT Cloud
 - The Things Network
 - Άλλες πλακέτες χρησιμοποιώντας τη λειτουργία άμεσης συνδεσιμότητας.



Arduino MKR 1300-1310 WAN Microcontroller

14



Board	Name	Arduino® MKR WAN 1300
Current Rating	DC Current 5V pin (powered via USB/VIN)	depends on power supply
Clock speed	Processor	48 MHz
	RTC	32.768 kHz
Memory	SAMD21G18A	256KB Flash, 32KB SRAM

Περισσότερες πληροφορίες:

<https://docs.arduino.cc/hardware/mkr-wan-1300>



Arduino MKR 1300-1310 WAN (Δραστηριότητα)

15

Καλείστε να χρησιμοποιήσετε τον κώδικα που σας έχει δοθεί στο Eclass στον φάκελο “εργαστήριο” στην 4^η άσκηση κατεβάστε τον κώδικα “send data mkrwan”

- Απαραίτητη προϋπόθεση για να ανεβάσουμε τα δεδομένα στο TTN μέσω του MKR-1300-1310, είναι ο εντοπισμός του Device EUI που είναι μοναδικός κωδικός (π.χ. serial number).
- Αφού εκτελέσουμε τον κώδικα όπως είναι, στο serial monitor θα μας εμφανίσει το device EUI

```
Output Serial Monitor x
Message (Ctrl + Enter to send message to 'Arduino MKR WAN 1300' on 'COM6')
13:44:59.202 -> Welcome to MKRWAN1300/1310 first configuration sketch
13:44:59.202 -> Register to your favourite LoRa network and we are ready to go!
13:44:59.943 -> Your module version is: ARD-078 1.1.5
13:44:59.943 -> Your device EUI is: a8610a323339910c
13:46:01.006 -> Something went wrong; are you indoor? Move near a window and retry
```



Arduino MKR 1300-1310 WAN

16

Σε περίπτωση που δεν εντοπίζουμε το board **Arduino MKR WAN 1300-1310** στο Arduino IDE

- Κατευθυνόμαστε στην ενότητα **Tools -> Board -> Boards Manager**
- Επιλέγουμε από τον κατάλογο να εγκαταστήσουμε το **“Arduino SAMD Boards(32-bits ARM Cortex-M10+)”**
- Αφού εγκατασταθεί επιλέγουμε από την ενότητα **Tools -> Board -> Arduino SAMD Boards(32-bits ARM Cortex-M10+)-> Arduino MKR WAN 1300-1310**

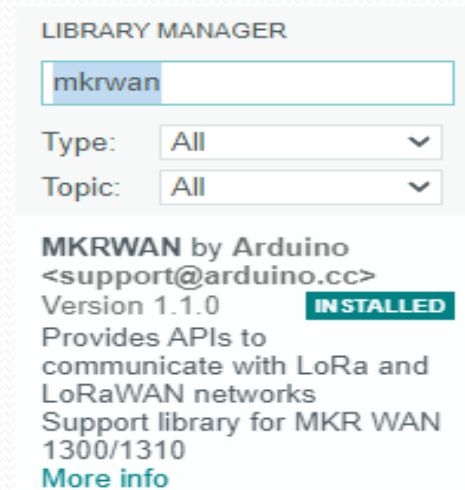


Arduino MKR 1300-1310 WAN

17

Εκτός από τα drivers του Board που εγκαταστήσαμε προηγουμένως, είναι απαραίτητο να εγκαταστήσουμε και τη βιβλιοθήκη «MKRWAN.h» προκειμένου να προγραμματίσουμε το board μας.

- Κατευθυνόμαστε στο **Sketch-> Include Library-> Manage Libraries**
- Στο Παράθυρο που μας ανοίγει στο search bar γράφουμε **mkrwan**
- Επιλέγουμε το **MKRWAN by Arduino** και το εγκαθιστούμε.



Arduino MKR 1300-1310 WAN (Δραστηριότητα)

18

- Αφού βρήκαμε το device EUI κατευθυνόμαστε στο TNN προκειμένου να φτιάξουμε νέο application



The screenshot shows the homepage of The Things Network (LoRaWAN). The header includes the logo and navigation links: Learn, Hardware, Forum, Community, Conference, Enterprise, Login, and Sign up. The main content area features a globe with a map of Europe and Africa, overlaid with a network of black dots representing LoRaWAN nodes. Text on the left reads: "We are a global collaborative Internet of Things ecosystem that creates networks, devices and solutions using LoRaWAN®." Below this text are two buttons: "Start building" and "Learn more".

Σύνδεσμος ιστοτόπου : [Link](#)



TTN Application

The screenshot shows the TTN Application dashboard. At the top left, there is a navigation bar with the TTN logo, 'THE THINGS STACK Community Edition', and menu items for 'Overview', 'Applications', 'Gateways', and 'Organizations'. On the right side of the navigation bar, there is a user profile for 'gregpapsamos' with a 'No support plan' indicator. The main content area features a welcome message: 'Welcome back, gregpapsamos!' followed by instructions to walk through to applications and gateways, and a link to documentation or support. Below this, there are two large buttons: 'Go to applications' (highlighted with a red border) and 'Go to gateways'.

THE THINGS NETWORK

THE THINGS STACK
Community Edition

Overview Applications Gateways Organizations

EU1 Community
No support plan

gregpapsamos

Welcome back, gregpapsamos! 🖐️

Walk right through to your applications and/or gateways.

Need help? Have a look at our [Documentation](#) or [Get support](#).

Go to applications

Go to gateways




TTN Application


The screenshot displays the TTN Applications management interface. At the top, the navigation bar includes 'Overview', 'Applications' (selected), 'Gateways', and 'Organizations'. On the right, it shows 'EU1 Community' with a 'Fair use policy applies' notice and a user profile 'leftsips'. A search bar is present above the application list. A red box highlights the '+ Add application' button. The application list is currently empty, showing 'Applications (0)' and 'No items found'.



TTN Application



THE THINGS NETWORK



THE THINGS STACK
Community Edition

Overview Applications Gateways Organizations

Add application

Application ID *

Application name

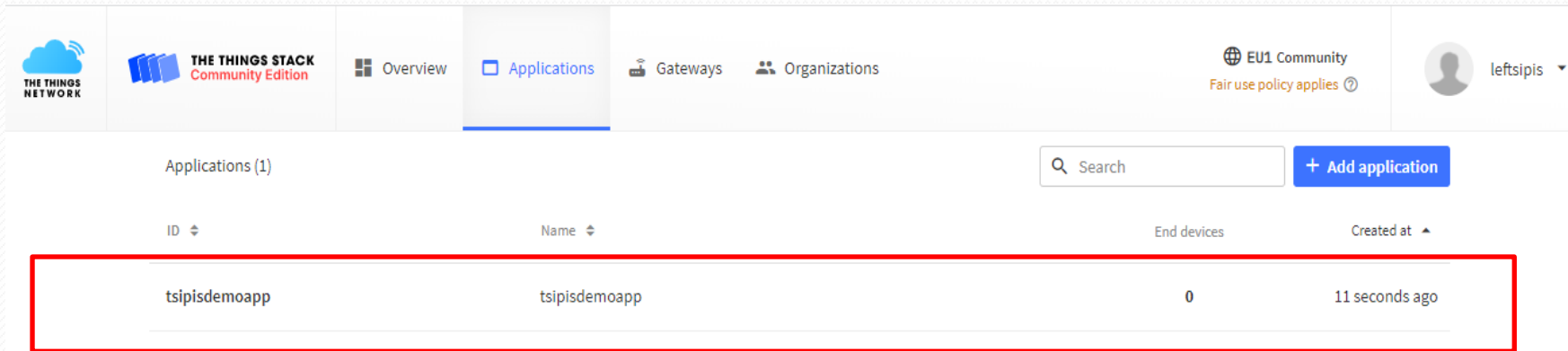
Description

Optional application description; can also be used to save notes about the application

Create application



TTN Application



The screenshot shows the TTN Applications page. The navigation bar includes the TTN logo, 'THE THINGS STACK Community Edition', and menu items for Overview, Applications (selected), Gateways, and Organizations. The user is logged in as 'leftsipis' under the 'EU1 Community' with a 'Fair use policy applies' notice.

Applications (1)

Search + Add application

ID ↕	Name ↕	End devices	Created at ▲
tsipisdemoapp	tsipisdemoapp	0	11 seconds ago



TTN IoT Device

The screenshot shows the TTN IoT Device management interface for an application named 'tsipisdemoapp'. The interface is divided into a left sidebar and a main content area.

Left Sidebar:

- tsipisdemoapp
- Overview
- End devices
- Live data
- Payload formatters
- Integrations
- Collaborators
- API keys
- General settings

Main Content Area:

- tsipisdemoapp** (ID: tsipisdemoapp)
- No recent activity
- 0 End devices, 1 Collaborator, 0 API keys
- General information:**
 - Application ID: tsipisdemoapp
 - Created at: Nov 4, 2022 18:41:35
 - Last updated at: Nov 4, 2022 18:41:35
- Live data:** See all activity →
 - 18:41:35 tsipisdemo... Create application
- End devices (0)
- Search, Import end devices, **+ Add end device** (highlighted with a red box)
- Table headers: ID, Name, DevEUI, JoinEUI, Last activity



TTN IoT Device

The screenshot displays the TTN IoT Device management interface. The top navigation bar includes the TTN logo, 'THE THINGS STACK Community Edition', and navigation options: Overview, Applications (selected), Gateways, and Organizations. On the right, it shows 'EU1 Community' with 'No support plan' and a user profile for 'leftsipis'.

The left sidebar contains navigation options for the application 'tsispdemoapp': Overview, End devices (selected), Live data, Payload formatters, Integrations, and Collaborators.

The main content area shows the 'End devices' page for 'tsispdemoapp'. It features a search bar, an 'Import end devices' button, and a '+ Add end device' button (highlighted with a red box). Below these is a table with columns: ID, Name, DevEUI, JoinEUI, and Last activity. The table currently contains no items, with the text 'No items found' displayed.



TTN IoT Device

tsipisdemoapp

- Overview
- End devices**
- Live data
- Payload formatters
- Integrations
- Collaborators
- API keys
- General settings

End device type

Input Method

Select the end device in the LoRaWAN Device Repository

Enter end device specifics manually

Frequency plan ⓘ *

Europe 863-870 MHz (SF9 for RX2 - recommended)

LoRaWAN version ⓘ *

LoRaWAN Specification 1.0.1

Regional Parameters version ⓘ *

TS001 Technical Specification 1.0.1

Show advanced activation, LoRaWAN class and cluster settings ▾

Provisioning information

JoinEUI ⓘ *

00 00 00 00 00 00 00 00

Confirm



TTN IoT Device

tsipisdemoapp

- Overview
- End devices
- Live data
- Payload formatters
- Integrations
- Collaborators
- API keys
- General settings

Provisioning information

JoinEUI *
00 00 00 00 00 00 00 00 Reset

This end device can be registered on the network

DevEUI *
70 B3 D5 7E D0 05 73 A8 Generate 5/50 used

AppKey *
DB DF 17 72 02 A2 C7 46 80 93 F0 D4 80 EB 2A BA Generate

End device ID *
eui-70b3d57ed00573a6

This value is automatically prefilled using the DevEUI

After registration

- View registered end device
- Register another end device of this type

Register end device

Προσοχή!
Γράφουμε προσεκτικά το Dev EUI που βρήκαμε προηγουμένως



TTN IoT Device

27

The screenshot displays the TTN IoT Device management interface. At the top, there are navigation tabs for Overview, Applications (selected), Gateways, and Organizations. The user is logged in as 'leftsipsis'. The main content area shows the 'End devices' page for the application 'tsipisdemoapp'. A table lists one end device with the following details:

ID	Name	DevEUI	JoinEUI	Last activity
eui-70b3d57ed00573a6		70 B3 D5 7E D0 05 73 A8	00 00 00 00 00 00 00 00	Never



TTN IoT Device

tsipisdemoapp

Overview

End devices

Live data

Payload formatters

Integrations

Collaborators

API keys

General settings

eui-70b3d57ed00573a6
ID: eui-70b3d57ed00573a6

↑ n/a ↓ n/a • No activity yet ⓘ

Overview Live data Messaging Location Payload formatters Claiming General settings

General information

End device ID: eui-70b3d57ed00573a6

Frequency plan: Europe 863-870 MHz (SF9 for RX2 - recom...)

LoRaWAN version: LoRaWAN Specification 1.0.1

Regional Parameters version: TS001 Technical Specification 1.0.1

Created at: Nov 4, 2022 18:53:43

Activation information

AppEUI: 00 00 00 00 00 00 00 00

DevEUI: 70 B3 D5 7E D0 05 73 A8

AppKey:

Live data See all activity →

18:53:43 Create end device

Location Change location settings →



Δραστηριότητα

Activation information

AppEUI

DevEUI

AppKey

```
17  
18 String appEui="xxxxxxxxxxxxxxxx";  
19  
20 String appKey="xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx";  
21  
22 String devEUI="xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx";  
23
```

```
80  
81 modem.setPort(1);  
82
```

Αλλάζουμε την θύρα με βάση τον υπολογιστή που βρισκόμαστε π.χ. (1^{ος} υπολογιστής από πάνω αριστερά port =1)



Δραστηριότητα

30

Αφού τροποποιήσετε τον κώδικα κατάλληλα με βάση την προηγούμενη διαφάνεια, ανεβάστε τον κώδικα στο Board.

- **Τι παρατηρείτε στην καρτέλα Live Data στο TTN ;**

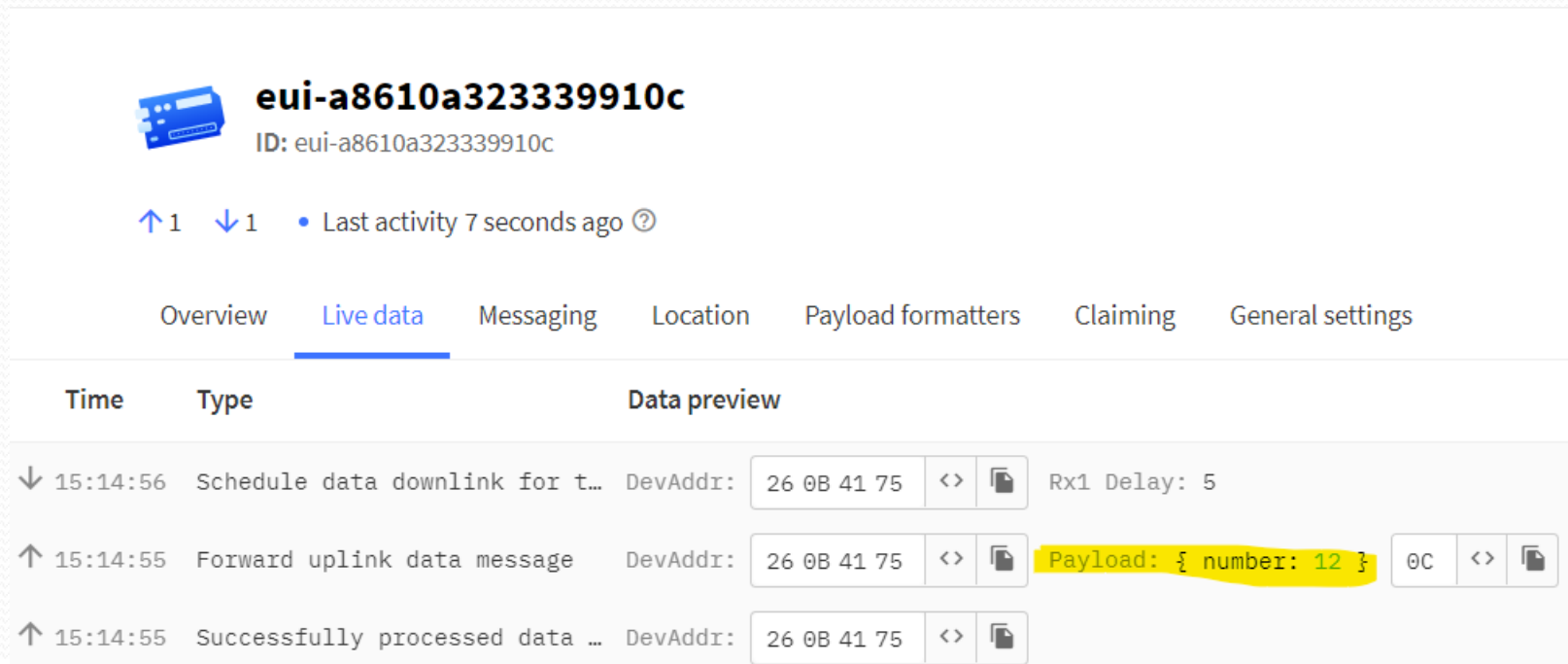


Δραστηριότητα

31

Προκειμένου να αποκωδικοποιήσουμε το μήνυμα που στείλαμε πρέπει να τροποποιήσουμε τον payload formatter:

```
function decodeUplink(input)
{ return { data: { number: input.bytes[0] }
, warnings: [], errors: [] } }
```



eui-a8610a323339910c
ID: eui-a8610a323339910c

↑ 1 ↓ 1 • Last activity 7 seconds ago

Overview **Live data** Messaging Location Payload formatters Claiming General settings

Time	Type	Data preview
↓ 15:14:56	Schedule data downlink for t...	DevAddr: 26 0B 41 75 <> Rx1 Delay: 5
↑ 15:14:55	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 41 75 <> Payload: { number: 12 } 0C <>
↑ 15:14:55	Successfully processed data ...	DevAddr: 26 0B 41 75 <>



Δραστηριότητα

32

Καλείστε μέσω του MQTT πρωτοκόλλου να ανακτήσετε τα δεδομένα που έχετε στείλει μέσω του Arduino MKR 1300-1310 στο TTN.

Μπορείτε να συμβουλευτείτε τα links:



CHALLENGE



Πληροφορίες Επικοινωνίας

- Μαλιάτσος Κωνσταντίνος
Επίκουρος Καθ.

kmaliat@aegean.gr

- Λευτέρης Τσίπης
Υποψήφιος Διδάκτωρ Παν. Αιγαίου

Itsipis@aegean.gr

- Γρηγόρης Παπαϊωάννου
Υποψήφιος Διδάκτωρ Παν. Αιγαίου

gregpap@aegean.gr



ΑΠΟΡΙΕΣ

