



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σχεδίαση και Ανάπτυξη Αλγορίθμων Συστήματος  
Απομακρυσμένης Επιτήρησης Κυψέλης Μελισσών

Κουρέα Μιχαήλ (Α.Μ: 39567)

Εισηγητής: Δρ. Ιωάννης Έλληνας, Καθηγητής



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι γνωστό ότι οι μελισσοκόμοι πρέπει να ελέγχουν τα μελίσσια τακτικά, ώστε να αξιολογούν έτσι την υγεία τους. Καμιά φορά οι μελισσοκόμοι δεν τα ελέγχουν αρκετά συχνά, οδηγώντας τα έτσι σε απώλειες λόγω αφεσμών[1] ή ασθενειών και τελικά σε οικονομική ζημιά. Άλλες φορές οι μελισσοκόμοι ελέγχουν τα μελίσσια τους τόσο συχνά ώστε δημιουργείται ταραχή στο μελίσσι και στη βασίλισσα, και οδηγούνται πάλι σε απώλειες. Αυτό είναι ένα πρόβλημα λοιπόν που έρχεται να λύσει η πτυχιακή μας εργασία. Επιπλέον η κατασκευή παρέχει στον μελισσοκόμο τις απαραίτητες πληροφορίες για τα μελίσσια του απομακρυσμένα, μειώνοντας έτσι τα έξοδα μετακίνησης και την ταλαιπωρία.

Η κατασκευή είναι εξοπλισμένη με αισθητήρες βάρους, θερμοκρασίας και υγρασίας και αποστέλλει τα δεδομένα χρησιμοποιώντας το δίκτυο της κινητής τηλεφωνίας μέσω SMS, στο κινητό του μελισσοκόμου. Ταυτόχρονα οι πληροφορίες αποστέλλονται στο διαδίκτυο, πιο συγκεκριμένα στην πλατφόρμα “Thing Speak”, όπου η πληροφορία παρουσιάζεται σε μορφή γραφήματος, υλοποιώντας έτσι την έννοια Internet of Things.

Τέλος, προσαρμόζουμε και παρουσιάζουμε τα γραφήματα αυτά σε μία απλή ιστοσελίδα που φιλοξενείται σε ένα ιδεατό μηχάνημα του δικτύου [oceanos.grnet.gr](http://oceanos.grnet.gr) - Greek Research and Technology Network.

## Περιεχόμενα:

### 1. Κεφάλαιο 1

- 1.1. Εισαγωγή
- 1.2. Απαιτήσεις παραγωγών
- 1.3. Διαθέσιμες αντίστοιχες κατασκευές
- 1.4. Περιγραφή της κατασκευής

### 2. Κεφάλαιο 2

- 2.1. Arduino Uno
- 2.2. Γιατί Arduino
- 2.3. NodeMCU - ESP-12E
- 2.4. Sim 900
- 2.5. DHT11
- 2.6. Αισθητήρας βάρους - Γέφυρα Whinstone
- 2.7. HX711
- 2.8. Πλατφόρμα ThingSpeak - Internet Of Things

### 3. Κεφάλαιο 3

- 3.1. Ιστοσελίδα της Πτυχιακής
- 3.2. Γιατί Linux
- 3.3. Τεχνολογίες κατασκευής της ιστοσελίδας
- 3.4. Δημιουργία Ιδεατής Υπολογιστικής Μηχανής ~okeanos

### 4. Κεφάλαιο 4

- 4.1. Πορεία Κατασκευής
- 4.2. Προγραμματισμός συστήματος - Γλώσσα Προγραμματισμού
- 4.3. Μελλοντικές αναβαθμίσεις

### 5. Βιβλιογραφία

### 6. Παράρτημα

- 6.1. Πίνακες
- 6.2. Ερωτηματολόγιο

## 1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

### 1.1. Εισαγωγή

Από την αρχαιότητα ο άνθρωπος γνώριζε καλά την αξία της μέλισσας και την θέση της στην φύση. Καθώς επίσης γνώριζε και την θρεπτική αξία του μελιού, και των υπόλοιπων παραγώγων της, για τον ίδιο τον άνθρωπο. Σήμερα δίνεται όλο και περισσότερη προσοχή στην μέλισσα. Οι κοινωνίες ευαισθητοποιούνται και η μέλισσα σιγά σιγά, κατακτά και πάλι την θέση που της αξίζει στην υπόληψη του ανθρώπου. Είναι όντως τόσο σημαντική η συμβολή της μέλισσας στο περιβάλλον, όσο σημαντική είναι και η επιρροή του ανθρώπου, και η βοήθεια που μπορεί να προσφέρει στην ζωή του εντόμου αυτού.

Έτσι, με την κατασκευή μας στοχεύουμε να κάνουμε πιο εύκολο για τον μελισσοκόμο να παρακολουθεί τα μελίσσια του και σαν αποτέλεσμα να έχει αποδοτικότερη παραγωγή. Σημειώνουμε ότι εποπτεύοντας τα μελίσσια με αυτόν τον τρόπο, έχουμε μια σειρά από θετικά αποτελέσματα και όχι μόνο την αυξημένη παραγωγή αυτή καθ' αυτή. Μπορούμε πλέον έγκαιρα να διαπιστώσουμε πρόβλημα σε κάποιο μελίσσι, να αποτρέψουμε έναν αφαισμό, να γλυτώσουμε έξοδα μετακίνησης από και προς την τοποθεσία των μελισσιών. Όλα αυτά συμβάλλουν τελικά και στην αποδοτικότερη παραγωγή.

### 1.2. Απαιτήσεις παραγωγών

Η χρήση κατάλληλων ερωτηματολογίων είναι σημαντική για τη συλλογή των αναγκαίων δεδομένων πριν προβούμε στην σχεδίαση και υλοποίηση της κατασκευής. Μπορούμε έτσι να έχουμε μια καλή εικόνα των απαιτήσεων του μέσου μελισσοκόμου από νωρίς, και με βάση τα δεδομένα των ερωτηματολογίων να προχωρήσουμε στην υλοποίηση της κατασκευής.

Με αυτό τον τρόπο μειώνουμε τις πιθανότητες να απαιτούνται αλλαγές μετά την ολοκλήρωση του έργου.

Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο στη χρήση του ερωτηματολογίου είναι η νέα διευρυμένη αντίληψη που θα μας δώσουν τα αποτελέσματα σε θέματα σχετικά με την μέλισσα, καθώς επίσης και η γνωριμία με αλήθειες που πρότινος ήταν άγνωστες για εμάς. Έτσι, θα είμαστε ένα βήμα πιο κοντά στην υλοποίηση μιας πραγματικά χρήσιμης κατασκευής.

### 1.3. Διαθέσιμες αντίστοιχες κατασκευές

Πριν την σχεδίαση και υλοποίηση της κατασκευής, μπορούμε να κάνουμε έρευνα για παρεμφερή κατασκευές ή συσκευές που καλύπτουν αντίστοιχες ανάγκες με αυτές που έρχεται να καλύψει η εργασία μας.

Μια τέτοιου είδους διαδικασία θα μας βοηθήσει να γνωρίζουμε:

- Ποιες είναι οι ανάγκες των μελισσοκόμων.
- Προτιμήσεις των μελισσοκόμων.
- Ποιές είναι οι αρχιτεκτονικές που ακολουθούν αντίστοιχες κατασκευές.
- Τρόπους ώστε η κατασκευή να αποτελεί μια πρακτική λύση για τους μελισσοκόμους.

Σημαντικό αποτέλεσμα αυτής της έρευνας, είναι η ιδέα να σχεδιαστεί η κατασκευή με τέτοιο τρόπο που να επιτρέπει εύκολα και οικονομικά την περαιτέρω επέκτασή της, χτίζοντας ένα δίκτυο από αισθητήρες βάρους και μία κεντρική μονάδα υπεύθυνη για την μέτρηση των υπόλοιπων παραμέτρων και την ενημέρωση του μελισσοκόμου.

Έτσι, ο μελισσοκόμος θα έχει την δυνατότητα να ενημερώνεται για το βάρος περισσότερων του ενός μελισσιού, χωρίς το κόστος να αυξηθεί σημαντικά. Περισσότερα στο κεφάλαιο 4.4 “Μελλοντικές αναβαθμίσεις”.

### 1.4. Περιγραφή της κατασκευής

Το σύστημα απομακρυσμένης παρακολούθησης μελισσιού αποτελείται από συνδυασμό αισθητήρων, μόντεμ κινητής τηλεφωνίας, μόντεμ σύνδεσης ασύρματου δικτύου Wi-Fi και μικροελεγκτή.

Κατά την εκκίνηση του συστήματος, ο μικροελεγκτής “διαβάζει” την κατάσταση του διακόπτη “GPRS - WiFi”. Σε εκκίνηση υπό λειτουργία “GPRS”, γίνεται απόπειρα σύνδεσης στο διαδίκτυο μέσω του μόντεμ κινητής τηλεφωνίας (SIM900). Σε λειτουργία “Wi-Fi” γίνεται σύνδεση στο προκαθορισμένο από τον παραγωγό Wi-Fi δίκτυο. Όταν η σύνδεση έχει εδραιωθεί, ο μικροελεγκτής παραμένει σε κατάσταση αναμονής εντολών από τον παραγωγό.

Οι μεταβλητές που ελέγχονται από τους αισθητήρες είναι τρεις: βάρος (κιλά - kg), θερμοκρασία (βαθμοί κελσίου - °C) και υγρασία (σχετική υγρασία - relative humidity RH). Το βάρος αντιπροσωπεύει την παραγωγή μελιού. Οι τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας σε βάθος χρόνου, είναι καθοριστικές για την ποσότητα και την ποιότητα του μελιού.

Ο παραγωγός μπορεί να επιλέξει την συχνότητα και τον τρόπο με τον οποίο θέλει να ενημερωθεί.

Οι διαθέσιμοι τρόποι ενημέρωσης του παραγωγού για την κατάσταση του μελισσιού είναι δύο: μέσω γραπτού μηνύματος κινητής τηλεφωνίας (SMS) είτε μέσω διαδικτύου (πλατφόρμα Thingspeak).

Η ενημέρωση με sms είναι άμεση και γίνεται μόνο μια φορά, όταν ο παραγωγός στείλει μήνυμα προς την συσκευή τη λέξη <<report>>. Η συσκευή διαβάζει την κατάσταση των αισθητήρων και απαντάει στο ίδιο νούμερο με sms.

Για ανανέωση και ανέβασμα των δεδομένων στην πλατφόρμα ThingSpeak, η εντολή είναι <<upload>>. Η ανανέωση γίνεται μια φορά. Με χρήση των εντολών <<auto15>> , <<auto45>> , <<auto90>> , <<auto120>> η αποστολή των δεδομένων προς την πλατφόρμα ThingSpeak γίνεται αυτόματα κάθε 15, 45, 90 ή 120 λεπτά αντίστοιχα.

Όταν ο παραγωγός θέλει να σταματήσει την αυτόματη αποστολή δεδομένων, πρέπει να στείλει την εντολή <<autocancel>>.

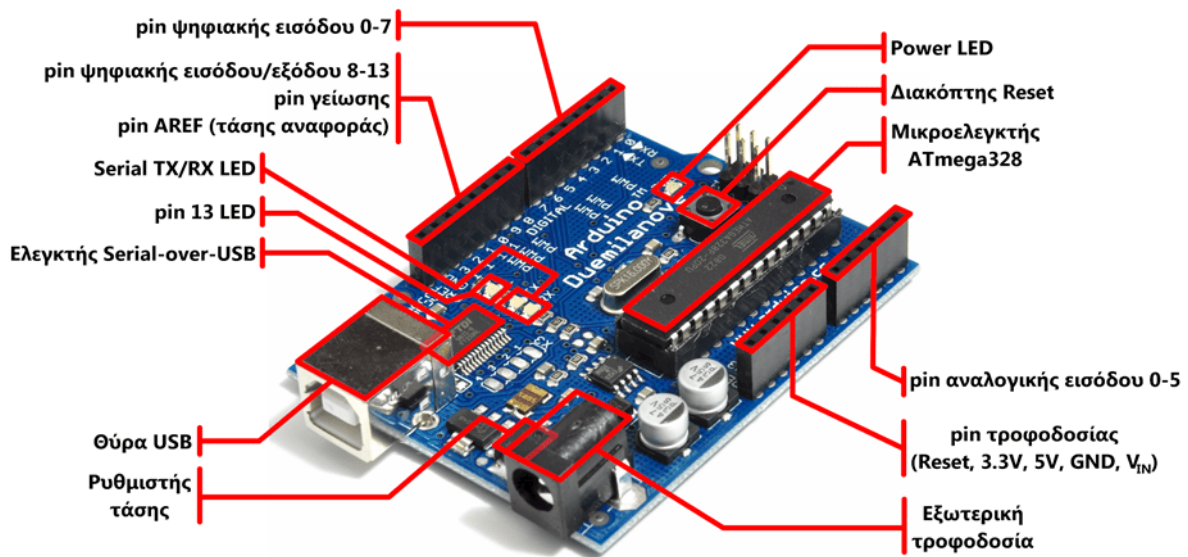
## 2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1. Arduino UNO

Το Arduino είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα η οποία προορίζεται για ηλεκτρονικές κατασκευές που δεν απαιτούν τελικά μεγάλη προγραμματιστική εμπειρία ή γνώσεις ηλεκτρονικών. Το Arduino από πλευράς hardware και software, δίνει έμφαση στην ευχρηστία και αποτελεί ιδανικό εργαλείο για όποιον ενδιαφέρεται να δημιουργήσει διαδραστικές ηλεκτρονικές κατασκευές.

Σημειώσαμε πως είναι πλατφόρμα “ανοιχτού κώδικα” μιας και το λογισμικό και το υλικό που το ολοκληρώνουν, είναι πολύ ευέλικτα και μπορούν να παραμετροποιηθούν σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες του προγραμματιστή. Το Development Board βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega της Atmel και όλα τα σχέδια, καθώς και το software που χρειάζεται για την λειτουργία του, διανέμονται ελεύθερα και δωρεάν.

Το Arduino συμπεριφέρεται τελικά σαν ένας μικρός υπολογιστής. Ο χρήστης μπορεί να συνδέσει επάνω του πολλαπλές μονάδες εισόδου/εξόδου και να προγραμματίσει τον μικροελεγκτή να δέχεται δεδομένα από τις μονάδες εισόδου, και αφού τα επεξεργαστεί να τα αποστέλλει με κατάλληλες εντολές στις μονάδες εξόδου.



### 2.2. Γιατί Arduino

Το Arduino βέβαια, δεν είναι ούτε ο μοναδικός, αλλά ούτε και ο καλύτερος τρόπος δημιουργίας μιας οποιασδήποτε διαδραστικής ηλεκτρονικής κατασκευής. Μπορούμε να ολοκληρώσουμε μια αντίστοιχη κατασκευή χρησιμοποιώντας πιο ειδικά ηλεκτρονικά στοιχεία.

Στα αρχικά στάδια για παράδειγμα η κατασκευή μας ελεγχόταν μέσω ενός PIC μικροελεγκτή. Ο κώδικας ήταν πιο λιτός και απαιτούσε λιγότερους πόρους. Ωστόσο ίσως αυτό να ήταν και το μοναδικό πλεονέκτημα. Πολύ σημαντικό για οποιαδήποτε κατασκευή είναι να



υπολογιστεί και το κόστος παραγωγής ανά τεμάχιο. Αλλά ακόμα και από κοστολογικής άποψης το πλεονέκτημα μιας λιπής κατασκευής με PIC αντί της χρήσης της πλατφόρμας Arduino είναι μικρό.

Ακόμα χειρότερα, σε ιδιαίτερες περιπτώσεις δεν υφίσταται κανένα οικονομικό πλεονέκτημα αν συνυπολογίσουμε το κόστος του προγραμματιστή, της διαδικασίας ολοκλήρωσης της πλακέτας και της συνολικής διαδικασίας περάτωσης του έργου. Οικονομικό πλεονέκτημα θα υφίσταται ίσως στην περίπτωση που η κατασκευή πρόκειται να μπει σε γραμμή παραγωγής.

Στον αντίποδα, η κοινότητα που αγκαλιάζει την πλατφόρμα Arduino, παρέχει τους χρήστες μια μεγάλη γκάμα πληροφοριών και ένα εκτενές documentation σπάζοντας έτσι σε πιο απλά βήματα την εξέλιξη ακόμα και μιας πολύπλοκης κατασκευής. Επίσης από την στιγμή που πρόκειται για μια έτοιμη πλατφόρμα που διέπεται από standards, μειώνεται ο κίνδυνος λάθους σε θέματα λογισμικού και υλικού.

### **To Arduino:**

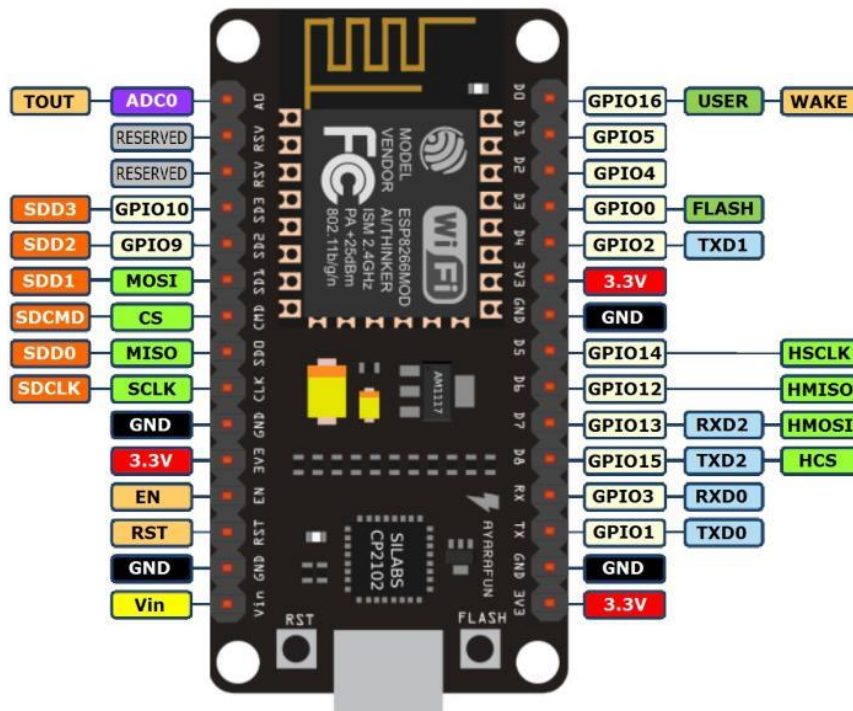
- Είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα. Το λογισμικό και το υλικό είναι πολύ ευέλικτο και μπορεί να παραμετροποιηθεί και να επεκταθεί.
- Προσφέρει μεγάλη ποικιλία ψηφιακών και αναλογικών εισόδων/εξόδων, SPI, σειριακή διασύνδεση και PWM εξόδους.
- Είναι εύκολο στη χρήση. Συνδέεται με οποιοδήποτε υπολογιστή (Windows / macOS / Linux) μέσω USB.
- Είναι σχετικά οικονομικό.
- Υποστηρίζεται από μια μεγάλη κοινότητα που συνεχώς μεγαλώνει.

### 2.3. NodeMCU - ESP-12E

Η αναπτυξιακή πλακέτα NodeMCU είναι βασισμένη στο ολοκληρωμένο κύκλωμα ESP8266, έναν μικροελεγκτή με ενσωματωμένο πομποδέκτη WiFi που έχει δυνατότητα να προγραμματιστεί μέσω του Arduino IDE και με χρήση των ίδιων βιβλιοθηκών όπως και σε ένα Arduino UNO.

Τα προτερήματα του NodeMCU έναντι του Arduino UNO είναι αρκετά και ιδιαίτερα ελκυστικά όταν γίνεται χρήση σε μικρού μεγέθους κατασκευές. Ενδεικτικά αναφέρουμε:

- Χαμηλή κατανάλωση ρεύματος
- Μικρό μέγεθος
- Ενσωματωμένο modem WiFi
- Βιβλιοθήκες πλήρως συμβατές με όλα τα μοντέλα Arduino



Το ESP8266 έχει μικρό μέγεθος και ενδείκνυται για κατασκευές περιορισμένου όγκου. Για χάριν ευκολίας όμως, θεωρείται ιδανικότερη η χρήση της αναπτυξιακής πλακέτας (παραπάνω φωτογραφία) η οποία είναι λίγο μεγαλύτερη από το ESP8266. Αυτή η πλακέτα παρέχει USB to Serial interface για εύκολη επικοινωνία και προγραμματισμό του ESP8266 με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Έχει ενσωματωμένο επίσης το κύκλωμα ρύθμισης - σταθεροποίησης τάσης για τροφοδοσίας του ολοκληρωμένου.

Παρόλο που η αναπτυξιακή πλακέτα ESP-12E δεν παρέχει ίδιο αριθμό εισόδων - εξόδων όπως το Arduino UNO, τελικά είναι αρκετές για τις ανάγκες της κατασκευής μας. Επιπλέον, το γεγονός ότι έχει ενσωματωμένο το modem WiFi, το καθιστά ιδανική λύση χαμηλού κόστους.

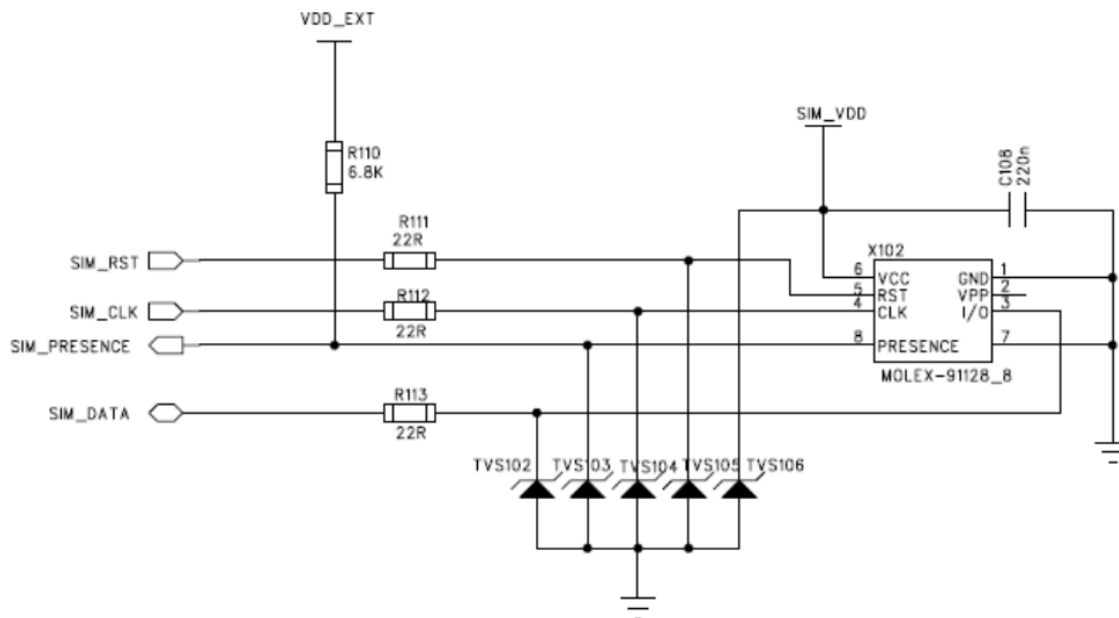
## 2.4. SIM900

Είτε κοιτάζουμε ερασιτεχνικές κατασκευές είτε επαγγελματικές εφαρμογές ευρείας χρήσης, το GSM Modem SIM900 είναι από τα επικρατέστερα modem στην αγορά. Η χαμηλή τάση λειτουργίας σε συνδυασμό με χαμηλή κατανάλωση ρεύματος, η υποστήριξη τεσσάρων δικτύων (quad-band) στις συχνότητες 850/900/1800/1900 MHz καθώς και η δυνατότητα ελέγχου με χρήση AT Commands, το καθιστούν μια από τις ελκυστικότερες επιλογές για χρήση σε κάθε κατασκευή.

Τεχνικές προδιαγραφές του SIM900 στον Πίνακα 1.

AT Commands ονομάζονται οι εντολές που ελέγχουν κάθε είδους modem. Το AT προέρχεται από τη λέξη ATtention (προσοχή). Κάθε εντολή ξεκινάει με τα γράμματα AT και ακολουθεί η κύρια εντολή. Με τη χρήση των AT commands μπορούμε να ελέγξουμε σειριακά το SIM900 και να του δώσουμε εντολή να εκτελέσει οποιαδήποτε ενέργεια, όπως το να διαβάσει ή να στείλει SMS, να συνδεθεί σε δίκτυο GPRS (General Packet Radio Service) ή ακόμα και να δεχτεί/εκτελέσει κλήση.

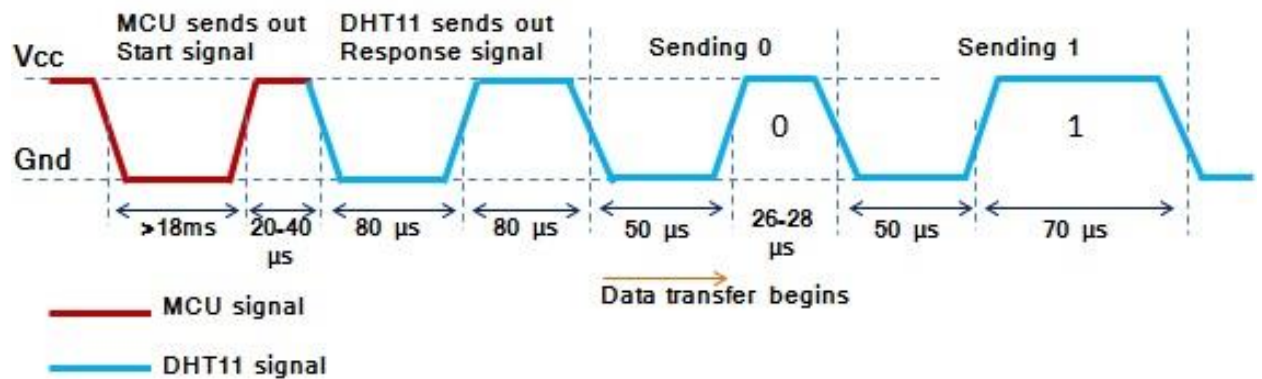
Για να λειτουργήσει το modem SIM900 χρειάζεται επιπλέον περιφερειακά, όπως αντιστάσεις, πυκνωτές, πηνία τα οποία συνθέτουν βοηθητικά κυκλώματα. Στο φυλλάδιο της κατασκευάστριας εταιρείας μπορούμε να βρούμε όλες τις προτεινόμενες συνδεσμολογίες για το κύκλωμα τροφοδοσίας, κύκλωμα σύνδεσης κεραίας, κύκλωμα σειριακής επικοινωνίας κα. Στην εικόνα παρακάτω είναι ένα παράδειγμα περιφερειακού κυκλώματος, του κυκλώματος ελέγχου της κάρτας SIM.



## 2.5. DHT11

Ο αισθητήρας DHT11 είναι από τους πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενους αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας. Το χαμηλό του κόστος καθώς και το εύκολο πρωτόκολλο επικοινωνίας με μικροελεγκτές τον κατατάσσουν στις πρώτες θέσεις προτίμησης για οποιαδήποτε ερασιτεχνική κατασκευή.

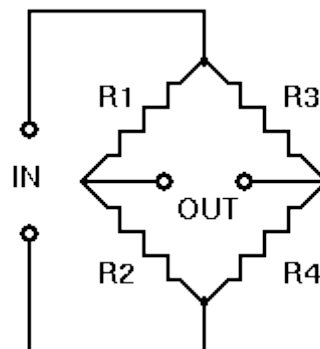
Το DHT11 χρησιμοποιεί πρωτόκολλο επικοινωνίας ενός καλωδίου. Το μόνο που χρειάζεται είναι μια pull-up αντίσταση στον ακροδέκτη επικοινωνίας. Παράδειγμα επικοινωνίας με τον μικροελεγκτή φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Ο μικροελεγκτής ξεκινά την επικοινωνία στέλνοντας ένα σήμα ground (0 volt) για χρόνο μεγαλύτερο από 18 milliseconds. Μόλις το κανάλι επικοινωνίας επανέλθει στα 5 volt, το DHT11 ξεκινάει να στέλνει δεδομένα bit ανά bit.



Τεχνικές προδιαγραφές του DHT11 στον Πίνακα 2.

## 2.6. Αισθητήρας Βάρους - Γέφυρα Whinstone

Γέφυρα Wheatstone ονομάζεται ένα ηλεκτρικό κύκλωμα σταθερού ρεύματος το οποίο χρησιμοποιείται για την μέτρηση μιας άγνωστης αντίστασης κατόπιν συγκρίσεως με μια γνωστή αντίσταση.



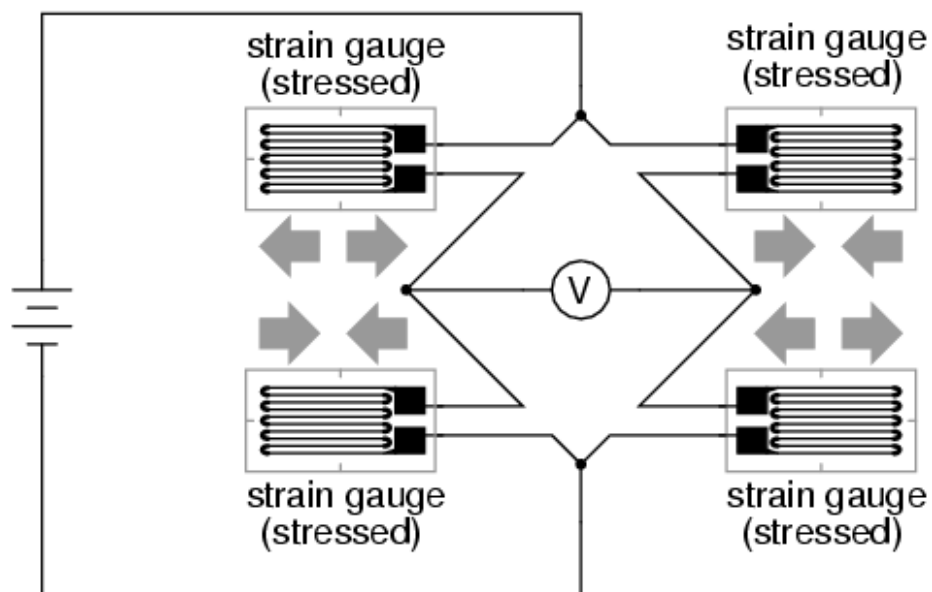
$V_{in}$  είναι η πηγή της γνωστής σταθερής μας τάσης. Αν  $R1/R2 = R3/R4$  τότε το  $V_{out}$  θα ισούται με 0, αλλά αν υπάρχει αλλαγή στην τιμή σε μία από τις αντιστάσεις, η  $V_{out}$  θα υποστεί μια αντίστοιχη αλλαγή και μπορούμε να την υπολογίσουμε:

$$V_{out} = \left( \frac{R3}{R3 + R4} - \frac{R2}{R1 + R2} \right) * V_{in}$$

Αντικαθιστώντας μια από τις αντιστάσεις της γέφυρας Whinstone με μία strain gauge, μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε την διαφορά της τάσης  $V_{out}$  και να εκτιμήσουμε έτσι την δύναμη που της ασκούμε.

Στο παρακάτω σχέδιο βλέπουμε τη συνδεσμολογία μιας πλήρους γέφυρας Whinston με αισθητήρες βάρους (strain gauge).

*Full-bridge strain gauge circuit*



## 2.7. HX711

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα HX711 είναι ένας 24Bit Analog-to-digital μετατροπέας δύο (2) εισόδων, ιδανικός για χρήση με αισθητήρες βάρους.

Η επικοινωνία του HX711 με τον μικροελεγκτή γίνεται σειριακά μέσω δύο καλωδίων, DATA (DAT) και CLOCK (CLK). Το πρωτόκολλο επικοινωνίας είναι ιδιαίτερα απλό: όσο τα δεδομένα **δεν** είναι έτοιμα για αποστολή, η έξοδος **DAT** παραμένει σε κατάσταση **HIGH**. Με το που έλθει σε κατάσταση **LOW**, σημαίνει ότι τα δεδομένα είναι έτοιμα προς αποστολή. Σε αυτό το σημείο, ο μικροελεγκτής στέλνει 25-27 θετικούς παλμούς στην είσοδο **CLK**. Κάθε παλμός στο CLK έχει ως αποτέλεσμα την έξοδο ενός (1) bit δεδομένων στον ακροδέκτη DAT.

Ο αριθμός των παλμών CLK που στέλνει ο μικροελεγκτής ( 25 μέχρι και 27 ) καθορίζουν ποιες εισόδου (A ή B) του HX711 τα δεδομένα θα αποσταλούν καθώς και την ενίσχυση (gain) που θα έχουν.

Αριθμός παλμών	Πηγή εισόδου	Ενίσχυση
25	A	128
26	B	32
27	A	64

Τεχνικές προδιαγραφές του HX711 στον *Πίνακα 3*.

## 2.8. Πλατφόρμα ThingSpeak - Internet of Things

Με την ολοένα αυξανόμενη είσοδο των Internet of Things (IoT) συσκευών στην καθημερινή μας ζωή, έχει αυξηθεί και ο αριθμός των εταιριών που παρέχουν σχετικές υπηρεσίες προς τελικούς χρήστες. Μια από αυτές τις εταιρίες είναι η ThingSpeak. Αντικείμενό της είναι μια πλατφόρμα υποδοχής δεδομένων από IoT συσκευές, η αποθήκευση των δεδομένων αυτών και η όμορφη γραφική απεικόνισή τους. Οι λόγοι για τους οποίους διαλέξαμε αυτή τη πλατφόρμα είναι:

- Είναι από τις πλέον αναγνωρισμένες πλατφόρμες με χιλιάδες χρήστες από όλο τον κόσμο
- Παρέχεται δωρεάν
- Παρέχει εύκολο γραφικό περιβάλλον για αναπαράσταση των δεδομένων
- Εφαρμογή Android

Στη δωρεάν έκδοση της πλατφόρμας ThingSpeak υπάρχει ο περιορισμός ότι τα δεδομένα μπορούν να ανανεώνονται το ταχύτερο κάθε 15 δευτερόλεπτα. Ο περιορισμός αυτός δεν είναι απαγορευτικός για την εφαρμογή μας. Τα δεδομένα που συλλέγουμε και

μεταφορτώνουμε στην πλατφόρμα ThingSpeak είναι *θερμοκρασία, υγρασία και βάρος*. Οι τιμές αυτές δεν μπορούν να μεταβληθούν δραματικά σε διάστημα 15 δευτερολέπτων, άρα πρακτικά ο περιορισμός αυτός μας είναι αδιάφορος.

Η πλατφόρμα παρέχει κώδικα για εύκολη ενσωμάτωση των γραφημάτων σε ιστοσελίδες με χρήση iFrame. Τα γραφήματα δίνουν πιο άμεση εικόνα στους παραγωγούς και τους βοηθούν να ελέγξουν την πρόοδο της παραγωγής σε βάθος χρόνου.

Το κανάλι ThingSpeak της κατασκευής μας είναι στη διεύθυνση:  
<https://thingspeak.com/channels/397107>

### 3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

#### 3.1. Ιστοσελίδα Πτυχιακής

Αντιλαμβανόμενοι ως ευκαιρία την δυνατότητα που μας παρέχει η σχολή μας να χρησιμοποιούμε ελεύθερα τις υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους “~ΟΚΕΑΝΟΣ”, αποφασίσαμε να ολοκληρώσουμε την πτυχιακή μας εργασία κατασκευάζοντας μια απλή ιστοσελίδα σε μια ιδεατή υπολογιστική μηχανή με λειτουργικό σύστημα CentOS - Linux.

#### 3.2. Γιατί Linux

Το Linux διανέμεται ελεύθερα κάτω από την άδεια ΕΛ/ΛΑΚ (GNU), και την Γενική Άδεια Κοινού (GPL).

Το ανοικτό αυτό λογισμικό μας παρέχει τις παρακάτω ελευθερίες:

1. Την ελευθερία να τρέχουμε το λογισμικό για κάθε σκοπό.
2. Την ελευθερία να μελετήσουμε το λογισμικό, να το παραμετροποιήσουμε, να δούμε πώς λειτουργεί και να το φέρουμε στα μέτρα μας.
3. Την ελευθερία να διανέμουμε ελεύθερα τα δικά μας παραμετροποιημένα αντίγραφα έτσι ώστε να ενισχύουμε την κοινότητα.

Τα παραπάνω είναι σημαντικά για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της κοινότητας που δημιούργησε την πλατφόρμα Linux. Είναι ένα λειτουργικό σύστημα από τον κόσμο, για τον κόσμο. Αυτός είναι και ο λόγος που και εμείς επιλέξαμε το λειτουργικό Linux. Είναι η ελευθερία που μας παρέχει και οι επιλογές που μπορούμε ελεύθερα να κάνουμε.

#### 3.3. Τεχνολογίες κατασκευής της ιστοσελίδας

Αν και μέσω των υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους ~okeanos έχουμε την δυνατότητα να χτίσουμε ένα πολύ ισχυρό μηχάνημα, για την κατασκευή της ιστοσελίδας μας θα αρκεστούμε τελικά μόνο στις βασικές τεχνολογίες μιας και μοναδική μας ανάγκη είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της κατασκευής μας.

##### HTML & CSS

Η HTML (HyperText Markup Language) καθορίζει το περιεχόμενο της ιστοσελίδας μας και παρότι μας δίνει την δυνατότητα για μια στοιχειώδη μορφοποίηση, η χρήση της τεχνολογίας CSS (Cascading Style Sheets) κρίνεται πλέον αναγκαία. Να σημειώσουμε εδώ ότι με την CSS ασχολούμαστε με την εμφάνιση των στοιχείων της ιστοσελίδας μας. Είναι η τεχνολογία μέσω της οποίας ένας προγραμματιστής θα μεταφράσει την εργασία του γραφίστα και θα την κάνει έτσι κατανοητή για ένα πρόγραμμα περιήγησης του διαδικτύου (Browser).



### 3.4. Δημιουργία Ιδεατής Υπολογιστικής Μηχανής ~okeanos

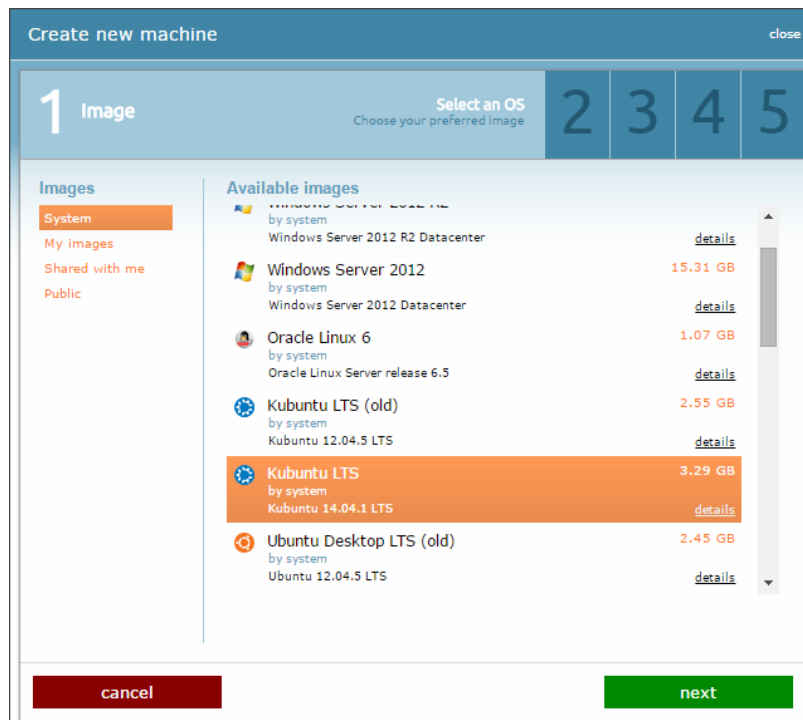
Η υπηρεσία ~okeanos προσφέρει στο σύνολο των μελών Ελληνικής ακαδημαϊκής και ερευνητικής κοινότητας:

- Ιδεατές μηχανές (Virtual Machines) κατ' απαίτηση (on demand).
- Αποθηκευτικό χώρο (online storage).
- Εργαλεία συγχρονισμού δεδομένων (syncing).
- Η πρόσβαση στους υπολογιστικούς και αποθηκευτικούς χώρους γίνεται μέσω φιλικού γραφικού περιβάλλοντος (Graphical User Interface), ενώ προχωρημένοι χρήστες μπορούν να αξιοποιήσουν την υπηρεσία και μέσω προγραμματιστικών διεπαφών (APIs) που έχουν αναπτυχθεί.

Ο ~okeanos, βρίσκεται σε λειτουργία από τον Ιούλιο του 2011 και παράλληλα βελτιώνεται και αναβαθμίζεται διαρκώς παρακολουθώντας τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις.

Η διαδικασία Δημιουργίας μιας Ιδεατής Υπολογιστικής Μηχανής είναι τόσο απλή όπως περιγράφεται παρακάτω:

- Αφού συνδεθούμε στον λογαριασμό μας και επιλέξουμε να δημιουργήσουμε ένα νέο μηχάνημα, θα μας εμφανιστεί μια οθόνη με τα διάφορα λειτουργικά συστήματα που είναι διαθέσιμα. Επιλέγουμε το επιθυμητό λειτουργικό σύστημα για το μηχάνημά μας. Εμείς επιλέξαμε την έκδοση **Linux CentOS 6**.



- Στο επόμενο βήμα μπορούμε να επιλέξουμε τα χαρακτηριστικά της ιδεατής μας μηχανής. Η επιλογές διαφέρουν ανάλογα με το λειτουργικό σύστημα που επιλέξαμε.

Δεδομένου ότι η λειτουργία της μηχανής είναι να προβάλει σε μια στατική σελίδα τα δεδομένα που θα συλλέγει από την κυψέλη, οι απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ είναι ιδιαίτερα χαμηλές.

- Έπειτα, μας δίνεται η δυνατότητα να συνδέσουμε την ιδεατή μηχανή μας σε μια δημόσια διεύθυνση IP.

Σημειώνουμε εδώ την **IPv4** διεύθυνση της μηχανής μας : [83.212.101.16](http://83.212.101.16)

**Fully Qualified Domain Name (FQDN)**: [snf-780189.vm.okeanos.grnet.gr](http://snf-780189.vm.okeanos.grnet.gr)

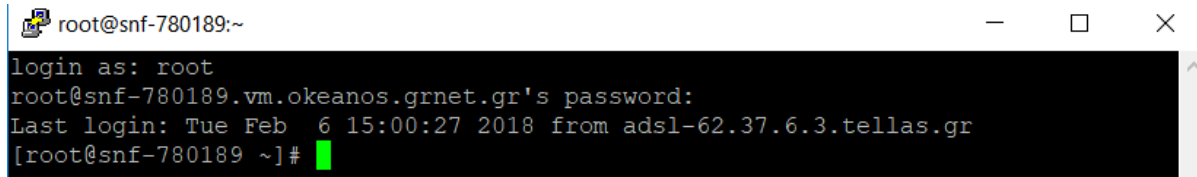
Επιπλέον, έχουμε δημιουργήσει το alias <http://beehivesystem.ddns.net/> .

- Στα τελευταία βήματα μας δίνεται η επιλογή να δώσουμε μια ονομασία στο μηχανήμα μας καθώς επίσης μας παρουσιάζεται και ο κωδικός σύνδεσης, τον οποίο και θα

πρέπει να καταγράψουμε μιας και δεν υπάρχει τρόπος ανάκτησης σε περίπτωση απώλειας.

Είμαστε έτοιμοι τώρα να συνδεθούμε στο Virtual Machine (VM) μας απομακρυσμένα μέσω ενός Terminal ssh. Στο παράδειγμά μας, χρησιμοποιούμε το πρόγραμμα PuTTY. Το PuTTY είναι ένα δημοφιλές πρόγραμμα για την διαχείριση απομακρυσμένων υπολογιστικών συστημάτων μετατρέποντας τον τοπικό υπολογιστή μας σε μια τερματική συσκευή με την οποία χειριζόμαστε το VM μας απομακρυσμένα.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η εικόνα της κονσόλας μας:



```
root@snf-780189:~
login as: root
root@snf-780189.vm.oceanos.grnet.gr's password:
Last login: Tue Feb 6 15:00:27 2018 from adsl-62.37.6.3.tellas.gr
[root@snf-780189 ~]#
```

Μέσω αυτού του προγράμματος μπορούμε πλέον να χειριστούμε απομακρυσμένα και εύκολα την ιδεατή μας μηχανή, και να εγκαταστήσουμε τα απαραίτητα λογισμικά για την φιλοξενία μιας ιστοσελίδας.

Πρώτα θα εγκαταστήσουμε το πρόγραμμα **WGET** μέσω του διαχειριστή πακέτων λογισμικού YUM.

Ο **YUM** (Yellow dog Updater, Modifier) είναι ο προκαθορισμένος διαχειριστής πακέτων λογισμικού της διανομής CentOS Linux. Χρησιμοποιείται για να εγκατασταθούν, αναβαθμιστούν και αφαιρεθούν πακέτα λογισμικού από ένα σύστημα που τρέχει CentOS. Αφού εγκαταστήσουμε το πρόγραμμα WGET, θα μπορούμε έπειτα να συνδεθούμε σε άλλα δικτυακά μηχανήματα και να μεταφέρουμε αρχεία από αυτά στο δικό μας VM.

Εκτελούμε την παρακάτω εντολή για να εγκαταστήσουμε το πρόγραμμα WGET

```
→ # yum install wget
```

Μπορούμε τώρα να εγκαταστήσουμε κάποια πρόσθετα repositories. Ένα από τα σημαντικότερα είναι το EPEL.

Το EPEL αποτελεί προσπάθεια, που βασίζεται σε εθελοντές του Fedora Project, για τη δημιουργία ενός repository (αποθετηρίου) πρόσθετων πακέτων. Ως κομμάτι της κοινότητας Fedora, τα πακέτα EPEL είναι 100% ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα (FLOSS - Free/Libre and Open Source Software).

Με τις παρακάτω εντολές εγκαθιστούμε το πρόσθετο repository EPEL στο λειτουργικό μας (CentOS 6)

```
→ # wget http://ftp.riken.jp/Linux/fedora/epel/RPM-GPG-KEY-EPEL-6
→ # wget http://dl.fedoraproject.org/pub/epel/6/i386/epel-release-6-8.noarch.rpm
→ # rpm -ivh epel-release-6-8.noarch.rpm
```

Με τις δυο παρακάτω εντολές αφαιρούμε τα προσωρινά αρχεία της εγκατάστασης από το σύστημα.

```
→ # rm -f epel-release-6-8.noarch.rpm  
→ # rm -f RPM-GPG-KEY-EPEL-6
```

Στη συνέχεια εγκαθιστούμε το πρόγραμμα διαχείρισης αρχείων Midnight Commander με την παρακάτω εντολή.

```
→ # yum install mc
```

Με τον Midnight Commander μπορούμε να περιηγηθούμε καθώς επίσης και να διαχειριστούμε τα αρχεία του συστήματος μας. Είναι πολύ χρήσιμος για να δούμε και να επεξεργαστούμε το περιεχόμενο διαφόρων αρχείων configuration. Είναι ουσιαστικά ένας file manager.

### Εγκατάσταση MySQL SERVER

Η MySQL είναι ένα δημοφιλές σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (DBMS). Πρόκειται για ένα ανοιχτό λογισμικό μέσω του οποίου χειριζόμαστε μια βάση δεδομένων, και την συνδέσουμε σε ένα πρόγραμμα. Για παράδειγμα η MySQL μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χειριζόμαστε την βάση δεδομένων ενός ιστότοπου ή ενός προγράμματος ERP.

Θα εγκαταστήσουμε την MySQL στην ιδεατή μας μηχανή μιας και είναι μια απλή υπόθεση, αν και για την συγκεκριμένη παρουσίαση δεν κρίνεται απαραίτητο. Η ιστοσελίδα μας δεν κάνει χρήση βάσης δεδομένων.

Χρησιμοποιήσαμε την παρακάτω εντολή για να εγκαταστήσουμε την MySQL. Η δεύτερη εντολή, εκκινεί τον MySQL daemon.

```
→ # yum install mysql-server mysql  
→ # /etc/init.d/mysqld start
```

Με την παρακάτω εντολή ξεκινήσαμε τον οδηγό ρυθμίσεων του MySQL Server. Μπορέσαμε με αυτόν τον τρόπο να αλλάξουμε τον κωδικό πρόσβασης του χρήστη root για λόγους ασφαλείας. Η προκαθορισμένη τιμή του ήταν μια κενή συμβολοσειρά.

```
→ # /usr/bin/mysql_secure_installation
```

Τέλος τρέξαμε την παρακάτω εντολή προκειμένου το λειτουργικό σύστημα να φορτώνει τον MySQL daemon κατά την εκκίνηση του VM μας.

```
→ # chkconfig mysqld on
```

### Εγκατάσταση Apache HTTP Server

Με τις παρακάτω εντολές εγκαταστήσαμε τον Apache HTTP Server. Η δεύτερη εντολή εκκινεί τον httpd daemon, ενώ η τρίτη προκαλεί την εκκίνηση του daemon αυτόματα κατά το ξεκίνημα του VM μας.

```
→ # yum install httpd
```

```
→ # /etc/init.d/httpd start
→ # chkconfig httpd on
```

Ο Apache εξυπηρετεί τα αιτήματα που αποστέλλει ένας browser στον διακομιστή (Virtual Machine) μας. Η επικοινωνία γίνεται μέσω του πρωτοκόλλου HTTP. Ο Apache είναι ένας από τους δημοφιλέστερους εξυπηρετητές κυρίως επειδή λειτουργεί σε διάφορες πλατφόρμες. Λειτουργεί απροβλημάτιστα τόσο στο λειτουργικό σύστημα του Server μας, το οποίο είναι το Linux όσο και σε άλλα λειτουργικά συστήματα όπως Windows και Mac OS X.

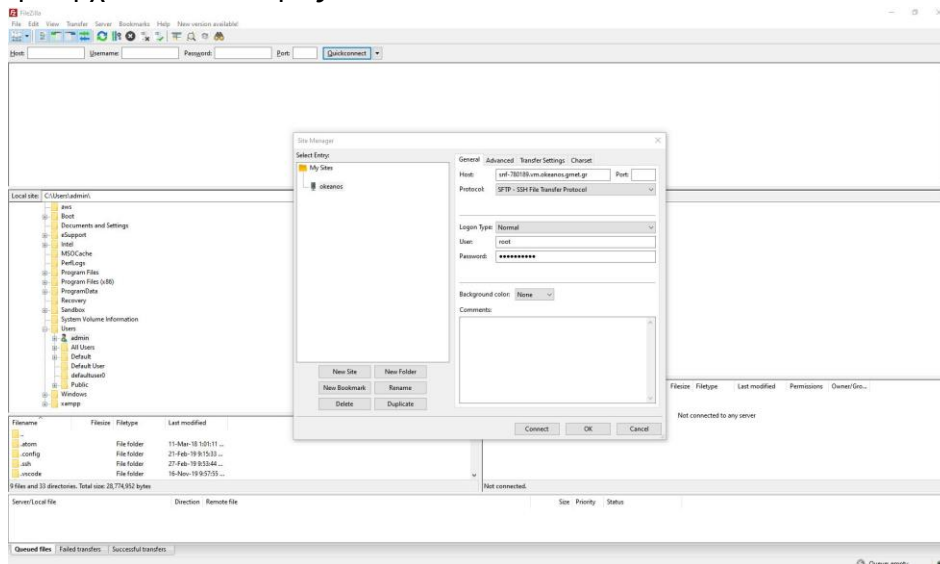
Η πρώτη έκδοση του Apache HTTP Server, γνωστή ως NCSA HTTPd, με δημιουργό τον Robert McCool, κυκλοφόρησε το 1993. Ήταν μια εναλλακτική επιλογή που παρουσιάστηκε απέναντι στον εξυπηρετητή της εταιρείας Netscape και από τότε έχει εξελιχθεί και συναντάται πολύ συχνά ανάμεσα σε άλλους εξυπηρετητές του διαδικτύου.

Είμαστε τώρα έτοιμοι να ανεβάσουμε τα αρχεία της ιστοσελίδας μας στην ιδεατή μας μηχανή. Αυτό μπορεί να γίνει με την χρήση του προγράμματος FileZilla ή κάποιου άλλου προγράμματος που θα επιτρέψει την σύνδεση στον server μας μέσω FTP.

## Μεταφορά αρχείων ιστοσελίδας - κειμένου

Χωρίς να χρειάζεται να στήσουμε κάποια υπηρεσία FTP στον Server μας, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την υπάρχουσα SSH διασύνδεσή μας μέσω ενός FTP client στο local μηχανήμα μας. Συγκεκριμένα, για την δημοσίευση της ιστοσελίδας μας, θα χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα FileZilla.

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα στοιχεία σύνδεσής SSH που ήδη έχουμε ώστε να μεταφέρουμε αρχεία από και προς τον Server:



Μπορούμε πολύ εύκολα να μεταφέρουμε αρχεία από και προς την ιδεατή μας μηχανή με drag-and-drop.

Η ιστοσελίδα μας είναι διαθέσιμη στην IP:

<http://83.212.101.16/>

Για ευκολία, υπάρχει διαθέσιμος και ο παρακάτω σύνδεσμος (ανακατεύθυνση):

<http://beehivesystem.ddns.net/>



## 4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4.1. Πορεία Κατασκευής

#### Σχεδίαση

Το πρώτο βήμα κάθε εργασίας / project είναι η σχεδίαση και η νοητική απεικόνιση της ιδέας. Σε αυτό το βήμα θα γίνει αξιολόγηση και ανάλυση των απαιτήσεων και θα παρθεί η απόφαση για τις τελικές παραμέτρους της κατασκευής. Κατόπιν θα αναλυθεί το υλικό που είναι διαθέσιμο στην αγορά ώστε να επιλέξουμε το καταλληλότερο. Πάνω σε αυτό το υλικό θα αναπτυχθεί ο κώδικας.

Η συσκευή θα είναι ικανή να αποστέλλει δεδομένα στην πλατφόρμα ThingSpeak αλλά και SMS αν το ζητήσει ο χρήστης.

Τα βασικά στοιχεία της κατασκευής μας είναι:

- ο μικροελεγκτής
- το υποσύστημα διασύνδεσης μέσω WiFi (ESP8266)
- το μόντεμ κινητής τηλεφωνίας (SIM900)
- οι αισθητήρες βάρους μαζί με την πλακέτα ελέγχου (γέφυρα Whinstone - HX711)
- ο αισθητήρας θερμοκρασίας / υγρασίας (DHT11)

Για τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή χρησιμοποιούμε το Arduino IDE. Οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιούμε είναι οι απαραίτητες για τη λειτουργία των επιμέρους περιφερειακών.

### 4.2. Μελλοντικές αναβαθμίσεις

Στην παρούσα έκδοση της κατασκευής, το δίκτυο Wi-Fi ορίζεται στον κώδικα κατά την κατασκευή. Αυτό καθιστά δύσκολη την μεταφορά του συστήματος σε νέο περιβάλλον όπου το διαθέσιμο δίκτυο Wi-Fi έχει διαφορετικό αναγνωριστικό ή/και διαφορετικό κωδικό.

Η κατασκευή λειτουργεί αυτόνομα. Πιθανή αναβάθμιση στο λογισμικό και στο υλικό της κατασκευής, θα επέτρεπε την παράλληλη λειτουργία περισσότερων από μία μονάδες.

Οποιοσδήποτε γνωρίζει το νούμερο της κάρτας SIM της συσκευής, έχει δυνατότητα να στείλει μηνύματα ελέγχου και να ενημερωθεί για την τρέχουσα κατάσταση του μελισσιού μέσω SMS.

## 5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - Βιβλιογραφία

1. Miller, Peter. «Swarm Theory». National Geographic.
2. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
3. <https://okeanos.grnet.gr/support/user-guide/cyclades-how-to-create-a-vm/>
4. <https://wiki.centos.org/PackageManagement/Yum>
5. <https://fedoraproject.org/wiki/EPEL>
6. <https://www.mysql.com/>
7. [https://en.wikipedia.org/wiki/Apache\\_HTTP\\_Server](https://en.wikipedia.org/wiki/Apache_HTTP_Server)
8. <https://httpd.apache.org/>
9. [http://okeanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3492/cse\\_43215\\_43017.pdf](http://okeanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3492/cse_43215_43017.pdf)
10. [https://learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-load-cells?\\_ga=2.200303597.2120068768.1523472202-243776662.1523472202](https://learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-load-cells?_ga=2.200303597.2120068768.1523472202-243776662.1523472202)
11. <https://www.mouser.com/ds/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>
12. [https://simcom.ee/documents/SIM900/AN\\_SIM900%20Reference%20Design%20Guide\\_V1.02.pdf](https://simcom.ee/documents/SIM900/AN_SIM900%20Reference%20Design%20Guide_V1.02.pdf)
13. HX711 - Avia Semiconductor  
[https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711\\_english.pdf](https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf)
14. ESP-12E <https://www.kloppenborg.net/images/blog/esp8266/esp8266-esp12e-specs.pdf>



## 6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### 6.1. Πίνακες

Supply voltage	Power consumption	Band support	Operation temperature	Interfaces
3.4 - 4.5 V	1mA (sleep)	Quad (850 / 900 / 1800 / 1900 MHz)	-40°C to +85 °C	Serial interface I2C GPIO ADC

Πίνακας 1 - Τεχνικές προδιαγραφές SIM900

Measurement range	Accuracy	Resolution
20 - 90% RH	± 5% RH	1 % RH
0 - 50 °C	± 2 °C	1 °C

Πίνακας 2 - Τεχνικές προδιαγραφές DHT11

Supply voltage	Power consumption	Operation temperature
2.6 - 5.5 V	1.5 mA	-40 - +85°C

Πίνακας 3 - Τεχνικές προδιαγραφές HX711

## 6.2. Ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο περιείχε ερωτήσεις που μας βοήθησαν να καταλάβουμε τις πραγματικές ανάγκες του μελισσοκόμου, καθώς και το κόστος που θα ήταν διατεθειμένοι να καταβάλουν για μια αντίστοιχη συσκευή.

Ενδεικτικά ρωτήσαμε:

- επιθυμητή συχνότητα αποστολής δεδομένων online
- επιθυμητός τρόπος ενημέρωσης και συχνότητα (αυτόματα online, αυτόματο SMS κα)
- είδος πληροφοριών (θερμοκρασία, βάρος, υγρασία κα)
- ανάλυση μετρήσεων
- αριθμός κυψελών που θα παρακολουθούνται
- επιθυμητό κόστος της πλατφόρμας / υπηρεσίας

Το ερωτηματολόγιο είναι διαθέσιμο στον παρακάτω σύνδεσμο:

<https://docs.google.com/forms/d/1kqISmCLJWjrTXNINSzroQ0Prg9ykfzh5kNoZf4dWtcY/edit>