



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**Ζυγαριά με δυνατότητα επικοινωνίας μέσω GSM  
κυκλώματος με χρήση μικροελεγκτή για μελισσοκομική  
χρήση**

Ειδικό Θέμα

Χουλιάρης Κωνσταντίνος

Επιβλέπουσα: Τσαλαπάτα Χαρίκλεια

Βόλος 2020-2021





**UNIVERSITY OF THESSALY**

**SCHOOL OF ENGINEERING**

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING**

**Weight scale with GSM module and microcontroller for  
bee-hive applications**

Special Topic

Chouliaras Konstantinos

Supervisor: Tsalapata Hariklia

Volos 2020-2021



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου και επιβλέπουσα στη συγκεκριμένη εργασία κυρία Τσαλαπάτα Χαρίκλεια για την βοήθεια της και την συμβολή της στην επίτευξη αυτής της εργασίας. Η ελευθέρια που μου δόθηκε στον τρόπο σκέψης σε συνδυασμό με τις σωστές κατευθύνσεις της ήταν καταλυτικές για την ολοκλήρωση της εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Μπρισίμη Ευάγγελο, ο οποίος υπήρξε ο λόγος να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα αλλά και ο αρωγός τόσο σε οικονομικό επίπεδο, όσο και στον καθορισμό των απαιτήσεων του αναπτυσσόμενου συστήματος .



## **ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ**

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο Δηλών

(Υπογραφή)  
Κωνσταντίνος Χουλιάρης  
15/12/2020





## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρακολούθηση φυσικών παραμέτρων σχετικών με τις αποικίες των μελισσών, όπως το βάρος, η θερμοκρασία, η υγρασία, σε συνεχή ρυθμό έχει γίνει πιο εύκολη λόγω της μείωσης του κόστους αλλά και του μεγέθους των αισθητήρων. Στόχος αυτής της εργασίας είναι η παρουσίαση της κατασκευής μίας απλής ζυγαριάς που ενημερώνει το χρήστη σε προγραμματισμένα διαστήματα για το βάρος της κυψέλης. Αναλύονται, επίσης, ποιοι λόγοι οδήγησαν στη συγκεκριμένη υλοποίηση αλλά και το πως μπορεί να αποτελέσει τη βάση για περαιτέρω ανάπτυξη πιο σύνθετων συστημάτων επόπτευσης.



## **ABSTRACT**

The physical variables of honey bee hives including humidity, temperature and weight, nowadays they have become easier to monitor because the sensors are cheaper and smaller than before. The aim of this study is to demonstrate the construction of a simple weight scale that informs the user of the hive's weight on scheduled moments. Moreover, the reasons that lead to this implementation are analysed and it is discussed how this hardware configuration can be a base study for future, more complicated development.



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....</b>	<b><i>ix</i></b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b><i>xi</i></b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....</b>	<b><i>xiii</i></b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....</b>	<b><i>1</i></b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b><i>1</i></b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....</b>	<b><i>3</i></b>
<b>ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ.....</b>	<b><i>3</i></b>
2.1 Εισαγωγή.....	<i>3</i>
2.2 Γέννηση της Ιδέας .....	<i>3</i>
2.3 Καθορισμός βασικών παραμέτρων .....	<i>3</i>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....</b>	<b><i>5</i></b>
<b>Ανάλυση Σύνθεσης και Λόγοι Επιλογής .....</b>	<b><i>5</i></b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....</b>	<b><i>10</i></b>
<b>ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ .....</b>	<b><i>10</i></b>
4.1 Διασύνδεση Αισθητήρων και Ελεγκτή .....	<i>10</i>
4.2 Παρουσίαση τρόπου λειτουργίας.....	<i>11</i>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....</b>	<b><i>12</i></b>
<b>ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....</b>	<b><i>12</i></b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b><i>13</i></b>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μέλισσες αποτελούν, ίσως, ένα από τα σημαντικότερα έντομα για τον πλανήτη μας. Δεν παράγουν μόνο μέλι, κερύ, πρόπολη και βασιλικό πολτό αλλά ταυτόχρονα διαδραματίζουν και καθοριστικό ρόλο στην επικονίαση των φυτών.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί, σε παγκόσμιο επίπεδο, άνοδος στα ποσοστά θνησιμότητας στους πληθυσμούς των μελισσών. Οι κύριοι παράγοντες είναι παράσιτα όπως το ακάρεο Βαρρόα, η Αμερικανική και Ευρωπαϊκή Σηψιγονία και Ναζεμίαση, καθώς και η δηλητηρίαση από φυτοφάρμακα [1-3].

Εδώ και 100 και πλέον χρόνια έχει παρατηρηθεί, συνεχίζοντας να είναι το επίκεντρο νέων μελετών, πως το βάρος της κυψέλης σχετίζεται άμεσα με την υγεία του πληθυσμού αυτής σε συνδυασμό πάντα και με άλλους παράγοντες όπως τη θερμοκρασία, την υγρασία, την έκθεση στον ήλιο, την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, ακόμα και τις δονήσεις στο περιβάλλον [4-5]. Τις περισσότερες φορές οι μετρήσεις του βάρους γίνονται για το καθορισμό της ποσότητας μελιού που έχει συλλεγεί από τις μέλισσες (άνοιξη-καλοκαίρι) καθώς και για τον υπολογισμό των αποθεμάτων τροφής που αυτές διαθέτουν (φθινόπωρο-χειμώνας) [6]. Οι μετρήσεις τα πρώτα χρόνια απαιτούσαν αρκετή χειρωνακτική εργασία και χρόνο ενώ πολλές φορές ίσως αλλοίωναν το αποτέλεσμα της μελέτης. Όπως αναφέρουν οι Meikle και Holst στη μελέτη τους [7] οι πρώτες αυτές μέθοδοι απαιτούσαν είτε το άνοιγμα των τελάρων των κυψελών, είτε τη μετακίνηση αυτών ώστε να ζυγιστούν. Οι δυο παραπάνω τρόποι έχει παρατηρηθεί ότι επηρεάζουν τους πληθυσμούς των μελισσών καθώς εκλαμβάνουν τις ενέργειες ως απειλή. Πάραυτα ακόμα και εκείνες οι έρευνες [4-5] απέδειξαν ότι η παρακολούθηση του βάρους μπορεί να συμβάλει στην βελτίωση της υγείας του πληθυσμού των μελισσών μέσω της πρόληψης.

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται μόνο στον πρώτο παράγοντα, του βάρους, για λόγους που θα αναλυθούν στο Κεφάλαιο 2. Στο ίδιο Κεφάλαιο, αρχικά θα δούμε το σκεπτικό που οδήγησε στην ανάπτυξη αυτού του συστήματος. Επίσης θα δούμε τους περιορισμούς που υπήρξαν τόσο στο σχεδιασμό, όσο και στην υλοποίηση της αρχικής σκέψης, μεταβλητές που φυσικά επηρέασαν την τελική διαμόρφωση του συστήματος.

Στο Κεφάλαιο 3, γίνεται η παρουσίαση των αισθητήρων, των συστημάτων ελέγχου και επικοινωνίας, καθώς και του μικροελεγκτή που αποτελεί τη βάση σύνδεσης όλων των παραπάνω. Γίνεται ακόμη αναφορά σε εναλλακτικές επιλογές και οι λόγοι που απορρίφθηκαν για την συγκεκριμένη υλοποίηση.

Στο Κεφάλαιο 4, αναπτύσσεται λεπτομερώς ο τρόπος διασύνδεσης όλων των υποσυστημάτων ώστε να συνθέσουν το κύριο. Αναφέρονται επίσης οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιούνται σε επίπεδο λογισμικού για την επικοινωνία μεταξύ των υποσυστημάτων καθώς και ο τρόπος που εντέλει λειτουργεί το σύστημα.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 5, γίνεται αναφορά στο πως θα μπορούσε να αποτελέσει τη βάση για την ανάπτυξη πιο σύνθετων συστημάτων για πιο μαζική συλλογή δεδομένων από πολλαπλές κυψέλες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ

#### 2.1 Εισαγωγή

Εδώ και χρόνια, τόσο στην Ελληνική αγορά όσο και στην παγκόσμια, κυκλοφορούν αρκετά συστήματα επόπτευσης για κυψέλες μελισσών. Οι περισσότερες από τις υπάρχουσες υλοποιήσεις διαθέτουν αρκετούς χρήσιμους αισθητήρες και λειτουργίες παρόλα, αυτά το κόστος ανά μονάδα παραμένει σχετικά υψηλό. Όσοι χρησιμοποιούν αυτά τα συστήματα τα τοποθετούν συνήθως εκεί που έχουν τα περισσότερα μελίσσια. Το παρόν σύστημα, αναπτύχθηκε με την προοπτική ο παραγωγός να προμηθευτεί πολλαπλά συστήματα ώστε να μπορέσει να κάνει πρόβλεψη για μελλοντικά πεδία ανάπτυξης των κυψελών.

#### 2.2 Γέννηση της Ιδέας

Η ιδέα, για την ανάπτυξη του συστήματος, ξεκίνησε από μια συζήτηση με τον κύριο Μπρισίμη Ευάγγελο. Ο κύριος Μπρισίμης είναι ερασιτέχνης μελισσοκόμος, εξέφρασε την επιθυμία να μπορεί να βρίσκει περιοχές οι οποίες μπορεί στο μέλλον να αποτελέσουν κατάλληλα περιβάλλοντα για την ανάπτυξη πολλών κυψελών με μέλισσες για την παραγωγή μελιού.

Για να πετύχει κάτι τέτοιο μέχρι τώρα τοποθετούσε δειγματικά κάποιες κυψέλες σε πολλαπλά σημεία και ήλεγχε ανά διαστήματα την πορεία τους. Το πρόβλημα είναι ότι συνήθως αυτά τα μελίσσια απέχουν αρκετά από την οικία του αλλά και μεταξύ τους με αποτέλεσμα να χρειάζεται πολύ χρόνο οδήγησης. Ταυτόχρονα, ο έλεγχος της εξέλιξης κάθε κυψέλης επιτυγχάνεται με την οπτική παρατήρηση, κάτι που σημαίνει ότι διαταράσσονται οι πληθυσμοί των μελισσών μέσα στην κυψέλη [7]. Φυσικά έχει στην κατοχή του και κάποιες ζυγαριές μελισσοκομικής χρήσης του εμπορίου, αλλά προτιμά να τις χρησιμοποιεί στα μελίσσια που είναι μαζεμένα μαζί και θα αποτελέσουν την κύρια παραγωγή μελιού.

#### 2.3 Καθορισμός βασικών παραμέτρων

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, γεννήθηκε η ιδέα για μία απλή ζυγαριά τόσο σε υλοποίηση όσο και σε κατασκευή η οποία να χρησιμοποιηθεί ακριβώς για τον σκοπό της ιχνηλάτησης περιοχών που θα μπορούσαν να στηρίξουν πληθυσμούς μελισσών. Η ζυγαριά θα έπρεπε να πληρεί τα παρακάτω χαρακτηριστικά:



- Να μην απαιτεί ειδικές γνώσεις χειρισμού.
- Να έχει μεγάλη ενεργειακή αυτονομία.
- Εύρος μέτρησης έως και 200 κιλά
- Ανθεκτική κατασκευή για χρήση στο ύπαιθρο.
- Μικρές αποκλίσεις στις μετρήσεις ( <100 γραμμάρια)
- Να ενημερώνει το χρήστη για το βάρος της κυψέλης ανά ορισμένο χρόνο.
- Να έχει τη δυνατότητα επέκτασης των λειτουργιών της (πχ νέοι αισθητήρες).

Με γνώμονα ότι η όλη ανάπτυξη, ήταν στο πλαίσιο Πανεπιστημιακής Εργασίας με διαθέσιμο χρόνο υλοποίησης τους 4 μήνες. βασικά κριτήρια επίσης για τον καθορισμό των απαιτήσεων ήταν οι δυνατότητες και η εμπειρία που ήδη κατείχε ο ερευνητής-δημιουργός σε αντίστοιχες εφαρμογές ώστε το σχεδιαζόμενο σύστημα να είναι και υλοποιήσιμο. Αυτό θα γίνει πιο κατανοητό στο επόμενο κεφάλαιο όπου αναλύονται οι αισθητήρες αλλά και οι λόγοι που επιλέχθηκαν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

## Ανάλυση Σύνθεσης και Λόγοι Επιλογής

Οι επιλογές που έγιναν είναι παρόμοιες με αυτές προηγούμενων ερευνών [8]. Με μια σύντομη περιήγηση στους διαθέσιμους αισθητήρες φορτίου βάρους καθώς και στο τι ήδη χρησιμοποιείται σε υπάρχουσες μελισσοκομικές ζυγαριές, καταλήξαμε να έχουμε 2 επιλογές:

- Χρήση μεμονωμένου αισθητήρα δυνατότητας μέτρησης 200 κιλών [Εικόνα 1].
- Χρήση 4 αισθητήρων με δυνατότητα μέτρησης 50 κιλών έκαστος [Εικόνα 2].



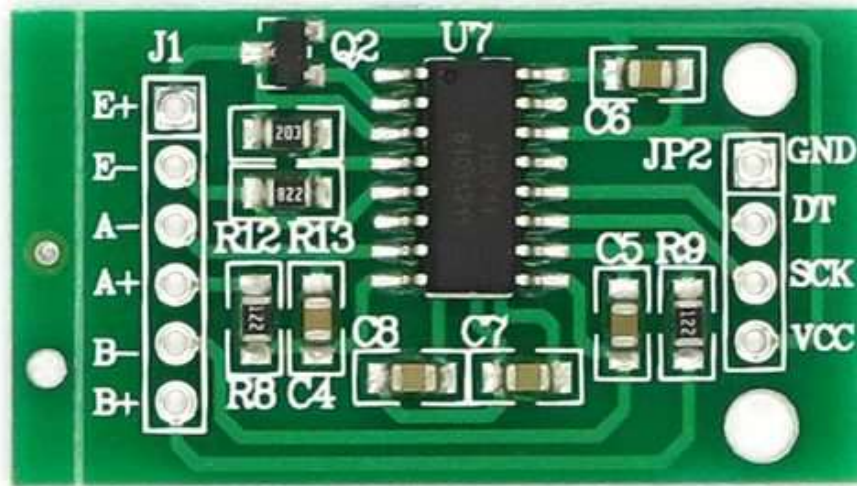
Εικόνα 1: Αισθητήρας με δυνατότητα μέτρησης μέγιστου φορτίου 200kg.



*Εικόνα 2: Αισθητήρας με δυνατότητα μέτρησης μέγιστου φορτίου 50kg.*

Από τις δύο παραπάνω επιλογές, παρότι η πρώτη μείωνε την πολυπλοκότητα του συστήματος και έκανε ευκολότερη την κατασκευή της βάσης στήριξης, προτιμήθηκε η χρήση τεσσάρων αισθητήρων των 50 κιλών [9]. Ο λόγος αυτής της προτίμησης ήταν το κόστος αγοράς, το οποίο για τη δεύτερη περίπτωση ήταν 20 φορές μικρότερο.

Για την σύνδεση των αισθητήρων ήταν επίσης απαραίτητη η χρήση του ολοκληρωμένου κυκλώματος HX711 [Εικόνα 3] [10]. Το HX711 είναι ένας 24-bit μετατροπέας σήματος αναλογικού σε ψηφιακό ειδικά για τη χρήση με αισθητήρες φορτίου με σύνδεση γέφυρας Wheatstone όπως στο συγκεκριμένο σύστημα.

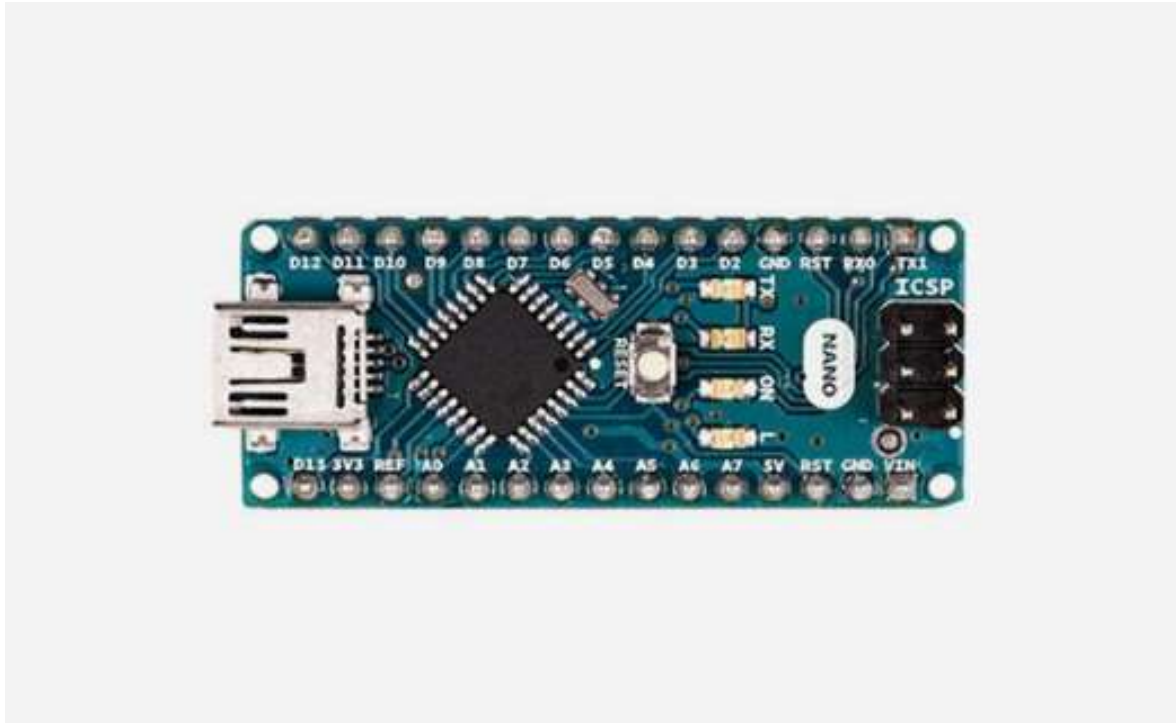


Εικόνα 3: HX711

Σαν εγκέφαλος του όλου συστήματος επιλέχθηκε ο μικροελεγκτής Arduino Nano [Εικόνα 4] [11]. Κύριος λόγος για αυτή την επιλογή ήταν η πρότερη εμπειρία του ερευνητή-κατασκευαστή τόσο με τη χρήση του μικροελεγκτή όσο και με τον προγραμματισμό του μέσω του Arduino IDE [12]. Επιπλέον λόγος, αποτέλεσε, η ύπαρξη μεγάλου πλήθους αυτοματισμών με τη χρήση του ίδιου μικροελεγκτή το οποίο έκανε την διαδικασία αποσφαλμάτωσης αρκετά γρήγορη. Αξίζει να σημειωθεί ότι η δυνατότητα που παρέχει το Arduino Nano στη διασύνδεση πολλαπλών αισθητήρων ταυτόχρονα ήταν ένας σημαντικός παράγοντας επιλογής ειδικά αναλογιζόμενοι κάποια μελλοντική προσθήκη αισθητήρα.

Ένα μειονέκτημα του συγκεκριμένου μικροελεγκτή, όμως, είναι ότι ενσωματώνει ελεγκτή τάσης του ρεύματος εισόδου. Αυτό έχει σα συνέπεια κατανάλωσης ενέργειας ακόμα και σε κατάσταση αδρανοποίησης του συστήματος. Το παραπάνω, αποτέλεσε και το λόγο έρευνας για εναλλακτικό μικροελεγκτή, όπως το SAMD21, το οποίο χρειάζεται μικρότερη τάση εισόδου ενώ διαθέτει και ρολόι πραγματικού χρόνου κάνοντάς το πιο αποδοτικό με

τη χρήση μπαταριών. Ο λόγος μη υιοθέτησης της εναλλακτικής, είναι ότι απαιτούσε επιπλέον χρόνο από μεριάς έρευνας και εξοικείωσης με το καινούργιο σύστημα καθώς και ότι η τιμή αγοράς ενός τέτοιου μικροελεγκτή είναι δεκαπλάσια του Arduino Nano.



Εικόνα 4: Arduino Nano

Για την αποστολή των δεδομένων στον μελισσοκόμο κρίθηκε ως μόνη λύση η χρήση κάποιου GSM ολοκληρωμένου και αυτό γιατί συνήθως η τοποθέτηση των μελισσιών γίνεται σε απομακρυσμένα σημεία μακριά από το χρήστη και χωρίς κάποιο άλλο δίκτυο διαθέσιμο πέραν του GSM. Το πιο συνηθισμένο στους αυτοματισμούς με τη χρήση Arduino είναι το GSM 800L καθώς υπάρχει πλήθος βιβλιογραφίας και παραδειγμάτων χρήσης. Επιλέχθηκε συγκεκριμένα το GSM 800L EVB [Εικόνα 5][13] το οποίο είναι συμβατό με το Arduino, παρέχει ποικίλες δυνατότητες προγραμματισμού σε μικρό μέγεθος και έχει χαμηλή τιμή κτίσης.

Τέλος, μετά τις πρώτες μετρήσεις κατανάλωσης ενέργειας, κρίθηκε αναγκαία η προσθήκη ενός ρολογιού πραγματικού χρόνου με στόχο να ενεργοποιεί το Arduino από την κατάσταση αδρανοποίησης. Για τον σκοπό αυτό επιλέχθηκε το DS3231 RTC [Εικόνα 6] [14] που διαθέτει λειτουργία ξυπνητηριού.

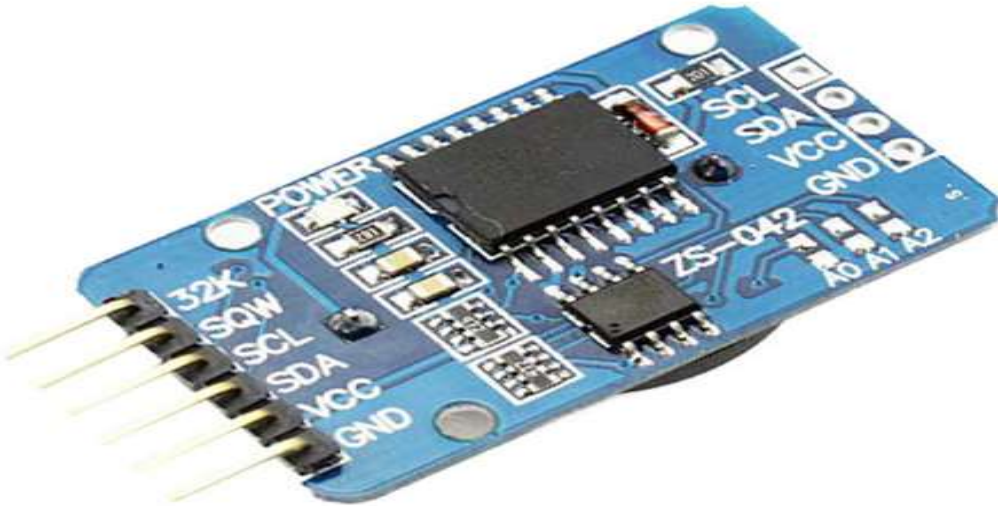
Για την τροφοδοσία του συστήματος επιλέχθηκαν τέσσερις αλκαλικές μπαταρίες τύπου D (LR20) με διάταξη σε σειρά καθώς προσφέρουν μεγάλη χωρητικότητα με πολύ μικρά

ποσοστά απωλειών σε βάθος χρόνου σε σχέση με άλλου τύπου μπαταρίες. Ενώ για τη βάση του επιλέχθηκε κόντρα πλακέ θαλάσσης το οποίο ακόμη και χωρίς κατεργασία αποτελεί φθηνή επιλογή και ανθεκτική στα στοιχεία της φύσης.



Εικόνα 5: GSM800L EVB ολοκληρωμένο.





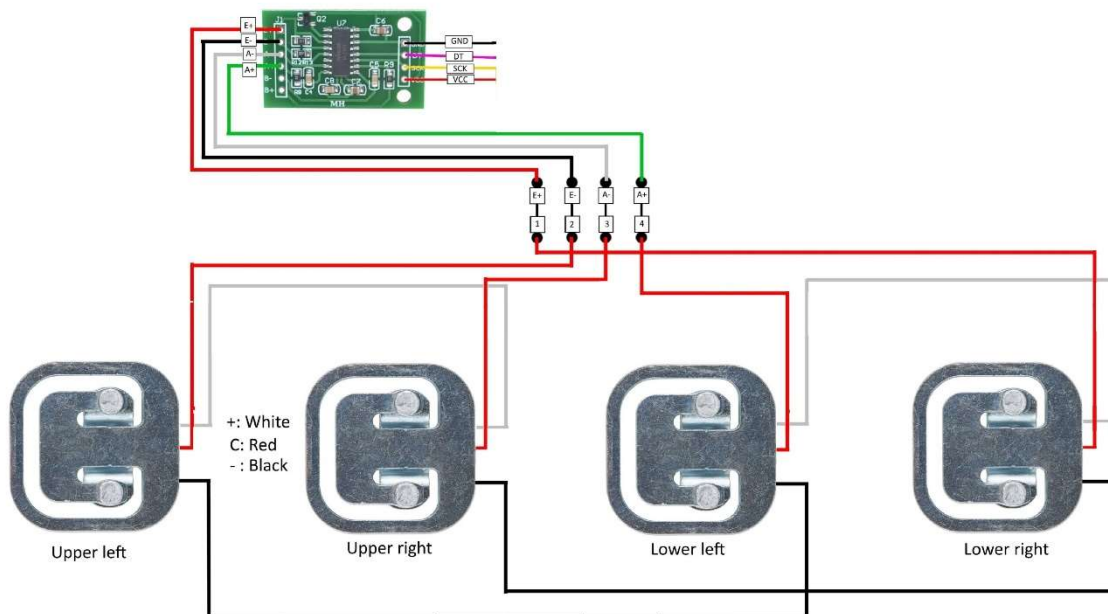
Εικόνα 6: DS3231 RTC module.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

#### 4.1 Διασύνδεση Αισθητήρων και Ελεγκτή

Ξεκινώντας με τα δύο πιο βασικά συστήματα, στο Σχήμα 1, μπορούμε να δούμε τον τρόπο σύνδεσης των αισθητήρων φορτίου Sparkfun 50kg [9] με το HX711 [10]. Οι αισθητήρες συνδέονται στο HX711 με τη μέθοδο της γέφυρας Wheatstone. Το HX711



Σχήμα 1: Σύνδεση αισθητήρων θάρους με το HX711 και το Arduino Nano σε διάταξη Wheatstone bridge

τροφοδοτείται απευθείας από την μπαταρία, μέσω ενός MOSFET ισχύος, το οποίο ελέγχεται από το Arduino. Το HX711 επικοινωνεί με το Arduino κάνοντας χρήση ενός σειριακού πρωτοκόλλου επικοινωνίας και με την βοήθεια της βιβλιοθήκης «HX711 Library» [15]. Απαιτήθηκε βέβαια αρχικά να βρεθεί ο συντελεστής ώστε από τα δεδομένα του HX711 να προκύπτουν τα σωστά κιλά με απόκλιση 100 γραμμαρίων το πολύ. Συγκεκριμένα το σύστημα πετυχαίνει να έχει απόκλιση της τάξης των 50 γραμμαρίων.

Στο MOSFET ισχύος συνδέεται και το GSM800L, με αυτό το τρόπο και τα δύο αυτά υποσυστήματα τροφοδοτούνται με ρεύμα μόνο όταν απαιτείται η λήψη και αποστολή της μέτρησης του βάρους και άρα εξοικονομείται ενέργεια. Το GSM800L συνδέεται με το Arduino μέσω ενός σειριακού πρωτοκόλλου επικοινωνίας και ελέγχεται από το τελευταίο με την χρήση AT εντολών [16].

Όπως ήδη αναφέρθηκε για να μειωθεί η κατανάλωση ισχύος από το Arduino απαιτήθηκε η χρήση του DS3231. Η ανάγκη προέκυψε από την απουσία ενός ενσωματωμένου ρολογιού στο Arduino καθώς και ότι για να επανέλθει από την κατάσταση αδρανοποίησης χρειάζεται κάποιο εξωτερικό ερέθισμα. Με τη χρήση της βιβλιοθήκης «Lower-Power Library» [17] γινόταν δυνατή μερική αδρανοποίηση του Arduino χωρίς να απαιτεί εξωτερικό ερέθισμα επαναφοράς αλλά και πάλι η κατανάλωση ισχύος ήταν δεκαπλάσια της επιθυμητής. Όμως με την εισαγωγή του DS3231, τη χρήση της βιβλιοθήκης «Arduino DS3232 RTC Library» [18] σε συνδυασμό με την βιβλιοθήκη «Lower-Power Library» επιτεύχθηκαν τα επιθυμητά αποτελέσματα.

#### **4.2 Παρουσίαση τρόπου λειτουργίας**

Ως προς τον τρόπο λειτουργίας, το σύστημα είναι αρκετά απλό. Ο χρήστης, αφού θέσει το σύστημα σε λειτουργία, μπορεί έπειτα πάνω στη ξύλινη βάση του να τοποθετήσει τα τελάρα με τις κυψέλες. Ο μικροελεγκτής Arduino δίνει σήμα σε ένα MOSFET ισχύος ώστε να ενεργοποιηθεί το HX711 και το GSM module. Στη συνέχεια αρχικοποιεί την ζυγαριά και κατόπιν λαμβάνει την πρώτη ένδειξη βάρους. Έπειτα το Arduino δίνει εντολή στο GSM module να στείλει ένα μήνυμα με περιεχόμενο το βάρος που μετρήθηκε στους αριθμούς τηλεφώνου που έχουν ορισθεί. Τελειώνοντας τον πρώτο κύκλο, το Arduino



αφού δώσει σήμα πάλι στο MOSFET να ανοίξει το κύκλωμα και να παύσει η λειτουργία του HX711 και του GSM κυκλώματος, παύει και αυτό, τη λειτουργία του μπαίνοντας σε λειτουργία αδρανοποίησης για το χρόνο που έχει ορίσει ο χρήστης. Με την παρέλευση αυτού του χρόνου το RTC DS3231 στέλνει σήμα στο Arduino να ενεργοποιηθεί εκ νέου. Το Arduino επανέρχεται και ξεκινάει ο κύκλος εργασίας του μέχρι να αδρανοποιηθεί και πάλι.

Όπως αναφέρθηκε το GSM είναι σημαντικό να διακόπτει τη λειτουργία του και αυτό γιατί παρατηρήθηκε μία σταθερή κατανάλωσης της τάξης των 80 mAh σε απλή αναμονή ενώ σε διαδικασία αποστολής SMS κατανάλωνε, κατά μέσο όρο, 170 mAh με οξυκόρυφες ενδείξεις ακόμα και 1 Amber. Επίσης η χρήση RTC κατάφερε να ρίξει κατά 80% την συνολική κατανάλωση του συστήματος. Σύμφωνα με τις μετρήσεις της παρούσας κατανάλωσης και τις μπαταρίες που διαθέτει το σύστημα, θεωρητικά μπορεί να λειτουργήσει για 6 μήνες περίπου, συνεχόμενα.

Το σύστημα όπως είδαμε χρησιμοποιεί έτοιμα ολοκληρωμένα κυκλώματα που κυκλοφορούν στην αγορά, είναι σίγουρο ότι μια υλοποίηση με τα απολύτως απαραίτητα κυκλωματικά στοιχεία θα ρίξει κι άλλο την κατανάλωση όσο και το κόστος υλοποίησης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Τα τελευταία χρόνια είδαμε μια ραγδαία πτώση στο μέγεθος και τις τιμές απόκτησης τόσο των αισθητήρων όσο και των μικροεπεξεργαστών. Ταυτόχρονα, οι αυτοματισμοί γίνονται μέρος της καθημερινότητας μας και η ανάπτυξη συστημάτων μαζικής συλλογής δεδομένων αποτελούν τη λύση στην καλύτερη κατανόηση και επίλυση πολλών προβλημάτων.

Η παρούσα υλοποίηση μπορεί να αποτελέσει τη βάση για την ανάπτυξη πιο σύνθετου συστήματος μαζικής συλλογής δεδομένων. Θα μπορούσε να υλοποιηθεί ένα σύστημα το οποίο θα χρησιμοποιεί την παρούσα υλοποίηση για να συλλέγει τα δεδομένα από πολλές κυψέλες και να τις προωθεί σε ένα διαχειριστικό σύστημα το οποίο θα αναλαμβάνει την επεξεργασία των δεδομένων. Δεδομένου ότι η παρούσα υλοποίηση έχει χαμηλή κατανάλωση και κόστος υλοποίησης, με την αλλαγή του GSM κυκλώματος σε WI-FI ή Bluetooth μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα πλήθος συστημάτων τα οποία θα συνδέονται σε κεντρικό κεντρικό σύστημα. Το κεντρικό σύστημα, πιθανώς να χρειαστεί πολλαπλάσια ισχύς για να λειτουργήσει οπότε ίσως, είναι απαραίτητη η χρήση κάποιου φωτοβολταϊκού, δεδομένου ότι μιλάμε για εφαρμογή στο ύπαιθρο χωρίς πρόσβαση στο

ηλεκτρικό δίκτυο. Η κεντρική μονάδα θα μπορεί να επεξεργάζεται τα δεδομένα και να τα προωθεί ανά τακτά χρονικά διαστήματα, με τη χρήση GSM πλακέτας, στο σύννεφο (cloud) ώστε ο μελισσοκόμος να έχει λεπτομερή στατιστικά στοιχεία συγκεντρωτικά και διαθέσιμα οποιαδήποτε στιγμή και από οπουδήποτε.

Όσο προχωρά η εξέλιξη της τεχνολογίας, η δουλειά του αγρότη μπορεί να γίνεται πιο εύκολη και αποδοτική. Ειδικά για τη μελισσοκομία, που αποτελεί σημαντικό πυλώνα για την επικοινωνία, η τεχνολογία και η συνεχής μη παρεμβατική παρακολούθηση των κυψελών μπορεί να μειώσει την θνησιμότητα των μελισσών και να συμβάλει θετικά στην συνολική υγεία των πληθυσμών αλλά και γενικότερα σε ένα καλύτερο περιβάλλον.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] J. Faucon, L. Mathieu, M. Riviere. A. Martel, P. Drajnudel, S. Zeggane, and et al., "Honey bee winter mortality in France in 1999 and 2000," *Bee World*, vol. 83, pp. 14-23, 2002.
- [2] B. Oldroyd, "What's killing American honey bees?" *PLOS Biol*, vol. 5, 2007
- [3] R. Van der Zee, L. Pisa, S. Andonov, R. Brodschneider, R. Chlebo, M. Coffey, and et al., "Managed honey bee colony losses in Canada, China, Europe, Israel and Turkey, for winters of 2008/9 and 2009/10," *Journal of Apicultural Research*., vol. 51, pp. 100-114, 2012.
- [4] B. Gates, "The temperature of the bee colony," *United States Department of Agriculture*" Dept. Bull. No. 96, 1914.
- [5] J. Hambleton, "The effect of weather upon the change in weight of a colony of bees during the honey flow," *United States Department of Agriculture*, Dept. Bull. No. 1339, 1925.
- [6] A. McLellan, "Honeybee colony weight as an index of honey production and nectar flow: A critical evaluation," *Journal of Applied Ecology*, vol. 14, no. 2, pp. 401-408, 1977.
- [7] W. Meikle, N. Holst, "Application of continuous monitoring of honey bee colonies," *Apidologie*, vol. 46, pp. 10-22, 2014.
- [8] A. Terenzi, S. Cecchi, S. Spinsante, S. Orcioni, F. Piazza, "Real-time System Implementation for Bee Hives Weight Measurement," *2019 IEEE International Workshop on Metrology for*

*Agriculture and Forestry (MetroAgriFor)*, pp. 231-236, 2019, doi: 10.1109/MetroAgriFor.2019.8909252.

- [9] "Sparkfun 50kg load sensor."  
<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/loadsensor.pdf>.
- [10] "HX711 weight scale ADC." <https://www.mouser.com/ds/2/813/hx711.english-1022875.pdf>.
- [11] "Arduino Nano Microcontroller."  
<https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf>.
- [12] "Arduino IDE." <https://www.arduino.cc/en/software>.
- [13] "GSM 800L EVB module."  
[https://simcom.ee/documents/SIM800L/SIM800L%28MT6261%29\\_Hardware%20Design\\_V1.01.pdf](https://simcom.ee/documents/SIM800L/SIM800L%28MT6261%29_Hardware%20Design_V1.01.pdf).
- [14] "DS3231 RTC Module." <https://components101.com/modules/ds3231-rtc-module-pinout-circuit-datasheet>.
- [15] "HX711 Library." Creator: GitHub User "R. Tillaart",  
<https://github.com/RobTillaart/HX711>
- [16] "AT commands."  
[https://www.sparkfun.com/datasheets/Cellular%20Modules/AT\\_Commands\\_Reference\\_Guide\\_r0.pdf](https://www.sparkfun.com/datasheets/Cellular%20Modules/AT_Commands_Reference_Guide_r0.pdf).
- [17] "Low-Power Library." Creator: GitHub User "rocketscream",  
<https://github.com/rocketscream/Low-Power>
- [18] "Arduino DS3232RTC Library." Creator: J. Christensen,  
<https://github.com/JChristensen/DS3232RTC>