ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΙΑΣ IoT ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΔΕΙΞΗ & ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ & ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Μιχάλης Μπακάλογλου[1], Απόστολος-Αλέξανδρος Κασάπης[2], Ευάγγελος-Δημήτριος Αξαρίδης[3], Χαρίτων Πολάτογλου[1]
[1]Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ
[2]Τμήμα Πληροφορικής ΑΠΘ
[3]Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών ΑΤΕΙΘ
54124 Θεσσαλονίκη Πανεπιστημιούπολη ΑΠΘ & 57400 Σίνδος ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης
e-mail: mimpaka@gmail.com

Περίληψη

Η κατανόηση του φαινομένου του θερμοκηπίου από το ευρύ κοινό είναι σημαντική. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι από τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου και αρκετές διατάξεις έχουν προταθεί για μετρηθεί η επίδραση της παρουσίας του στην αύξηση της θερμοκρασίας. Μία τέτοια διάταξη αποτελείται από δυο δοχεία, ένα με ατμοσφαιρικό αέρα και ένα με CO_2, όπου σε καθένα τοποθετείται ένα θερμόμετρο και εκτίθενται στις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες. Το αναμενόμενο αποτέλεσμα είναι η αύξηση της θερμοκρασίας και στα δυο δοχεία, με υψηλότερη θερμοκρασία στο δοχείο με το CO_2. Όμως, οι διαφορές θερμοκρασίας επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες και συχνά το αποτέλεσμα παρουσιάζει μεγάλη αβεβαιότητα. Για τη βελτίωση της αξιοπιστίας της συσκευής και για την ευκολότερη πρόσβαση από το ευρύ κοινό, τους μαθητές και τους φοιτητές, σχεδιάσαμε, υλοποιήσαμε και μελετήσαμε στατιστικά ένα IoT (Internet of Things) σύστημα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Λέξεις-Κλειδιά: Raspberry Pi 3 model B, Internet of Things, κλιματική αλλαγή, φαινόμενο θερμοκηπίου, Απομακρυσμένο εργαστήριο

Abstract

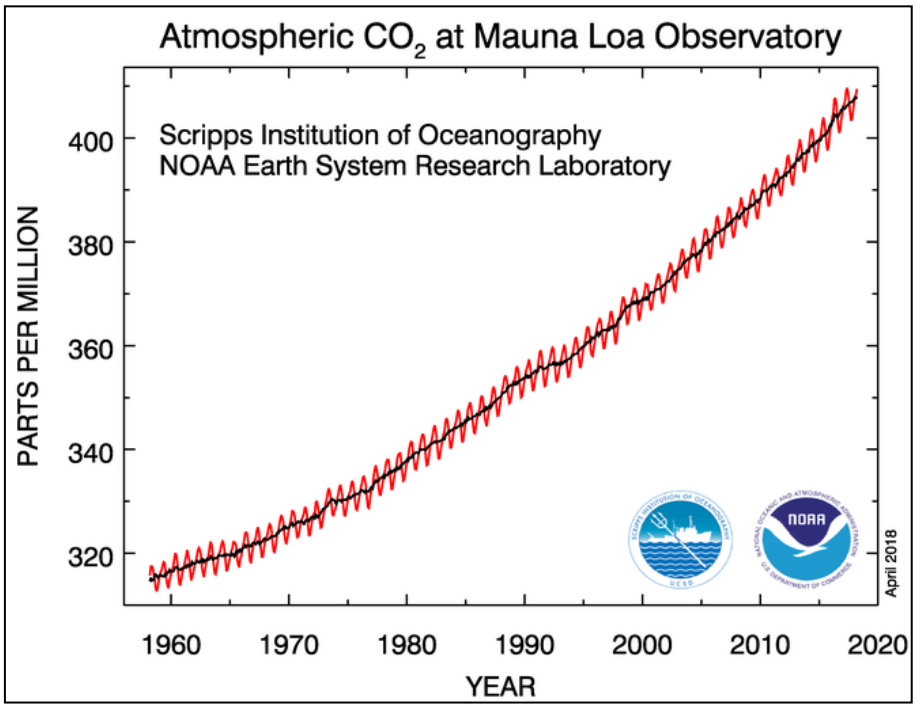
The understanding of the greenhouse effect by the general public is very important. The carbon dioxide is one of the main greenhouse gasses and several apparatuses have been proposed to measure its effect. Normally such apparatus comprises of two vessels, one containing atmospheric air and the other carbon dioxide, with a temperature sensor and exposed to the same ambient conditions. The expected result is the increase of the temperature in both vessels with the vessel containing carbon dioxide to have the higher temperature. Nevertheless the temperature differences can be influenced by many factors rendering the uncertainty of the measurement high. For the improvement of the reliability of such an apparatus and its accessibility by the general public, students and university students we designed, constructed and studied statistically an IoT (Internet of Things) system for the greenhouse phenomenon.

Keywords: Raspberry Pi 3 model B, Internet of Things, Climate Change, Greenhouse effect, Remote Laboratory

---

1. Εισαγωγή

Το φαινόμενο όπου η ατμόσφαιρα των πλανητών συγκρατεί την θερμότητα και συμβάλει στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας τους ονομάζεται φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυτό συμβαίνει λόγω της παρουσίας των "αερίων του θερμοκηπίου" σε ικανές συγκεντρώσεις. Στην ατμόσφαιρα της Γης το διοξείδιο του άνθρακα CO_2 είναι το αέριο του θερμοκηπίου με την μεγαλύτερη συγκέντρωση (Annenberg Foundation, 2016). Η ατμόσφαιρα της Γης παρουσιάζει μεγαλύτερη απορροφητικότητα στην ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος (ποσοστό περίπου 71%), ενώ η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μικρότερη λόγω του μικρότερου μήκους κύματος της. Το αποτέλεσμα είναι ο πλανήτης να έχει μεγαλύτερη μέση θερμοκρασία από αυτή που θα είχε χωρίς τα αέρια του θερμοκηπίου. (Sharp, 2012).



Διάγραμμα 1:Συγκέντρωση το διοξειδίου του άνθρακα στο παρατηρητήριο του Mauna Loa (NOAA, 2018)

Η κατανόηση του φαινομένου του θερμοκηπίου από το ευρύ κοινό είναι σημαντική για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Το Earth Summit ήταν η πρώτη παγκόσμια σύσκεψη για το περιβάλλον. Έγινε το 1992 (United Nations framework convention on climate change, 1992) στο Ρίο υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών. Τότε αποφασίστηκε η πρώτη παγκόσμια καταγραφή ρύπων το 1990 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 1990 - 2007). Το 2015 στο Παρίσι προστέθηκαν συγκεκριμένοι στόχοι μείωσης της μέσης θερμοκρασίας το συντομότερο δυνατό. Στόχος πλέον, είναι να επιτευχθούν απτά αποτελέσματα σε παγκόσμια κλίμακα και όχι μόνο μερικές στατιστικές ατμοσφαιρικών ρύπων (United Nations Framework Convention on Climate Change., 2015). Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι κύριο αέριο του θερμοκηπίου με συγκέντρωση άνω των 400ppm στην ατμόσφαιρα (Διάγραμμα 1), το υψηλότερο όσο υπάρχει ο άνθρωπος. (Scripps IoO & NOAA, 2018).

Η Ελλάδα μέσω της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι μέσα σε αυτή τη προσπάθεια. Στο τομέα των εκπομπών του CO_2 που εξετάζουμε παρά τη σταθερά αυξανόμενη εκπομπή σε

παγκόσμιο επίπεδο, από το 2005 μέχρι σήμερα έχουμε πετύχει σημαντικές μειώσεις και είμαστε πάρα πολύ κοντά να φτάσουμε το επίπεδο του 1990, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Τα στοιχεία έχουν ληφθεί από την παγκόσμια βάση δεδομένων εκπομπών και ατμοσφαιρικής έρευνας και οι τιμές είναι με μεγατόνους (Mtons) εκπεμπόμενου CO_2. Βρισκόμαστε στη 45η θέση παγκοσμίως (μετρώντας μέσα στη κατάταξη την Ε.Ε. των 28 και τις εκπομπές από τα εμπορικά πλοία και αεροπλάνα σε παγκόσμια κλίμακα).

Πίνακας 1 Μεγατόνοι εκπεμπόμενου CO2 σε παγκόσμια κλίμακα και στην Ελλάδα (Emissions Database for Global Atmospheric Research, 1990-2013)

	1990	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Κόσμος	22667	23618	25360	29345	32991	34008	34576	35274
Ελλάδα	78,4	81,7	96,1	103,5	92,4	90,3	86,2	79

Το πείραμα με δύο δοχεία με διαφορετική σύσταση του αέρα που περιέχουν και θέρμανση με λαμπτήρα για την επίδειξη του φαινομένου του θερμοκηπίου έχει παρουσιαστεί και από άλλους οργανισμούς, τηλεοπτικές εκπομπές και ερευνητές. Τρεις περιπτώσεις είναι:

- Ο NOAA (η αμερικανική μετεωρολογική υπηρεσία) για την επίδραση των αερίων του θερμοκηπίου στη υπερθέρμανση του πλανήτη (NOAA-NWS, 2010)
- Η εκπομπή του BBC Science Explained στο επεισόδιο Greenhouse effect in a bottle. (Maggie Aderin-Pocock,2010)
- Ένας εκπαιδευτικός λυκείου στην Αμερική χρησιμοποιώντας τον εργαστηριακό του εξοπλισμό.(Julian Buss, 2015)

Όλοι οι προαναφερθέντες έχουν χρησιμοποιήσει μπουκάλες των 3L ή κυλινδρικά δοχεία με μόνωση στα οποία περιέχονταν ατμοσφαιρικός αέρας Επίσης χρησιμοποίησαν θερμοζεύγη που είναι ακριβά, με μεγάλη αβεβαιότητα (±1,5°C έως ±3°C) και πρέπει να έχουν μια συσκευή ανάγνωσης ενδείξεων ειδικά για αυτά (Σταμάτης, 2011). Επίσης δεν έχει γίνει μελέτη για τους παράγοντες που επηρεάζουν τις μετρήσεις και για τις αβεβαιότητες των μετρήσεων. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι ο σχεδιασμός και κατασκευή μιας συσκευής για την επίδειξη του φαινομένου του θερμοκηπίου και τη συστηματική μελέτη της συσκευής ως προς τις αβεβαιότητες. Επιπλέον ολοκληρώνουμε τη συσκευή ώστε να αποτελεί κόμβο IoT (Internet of Things) για ευκολότερη πρόσβαση και χειρισμό.

2. Μεθοδολογία

2.1.1. Μετρολογικές θεωρήσεις

Ο απώτερος σκοπός είναι να διαπιστωθεί εάν δύο διαφορετικά αέρια στις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες απορροφούν διαφορετική ποσότητα ενέργειας, μεταφερόμενη με τον μηχανισμό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (Η/Μ). Τα αέρια αυτά θα πρέπει να είναι εγκλωβισμένα μέσα σε ένα δοχείο το οποίο να επιτρέπει τη διέλευση της Η/Μ, και να βρίσκονται στις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες. Μέσα σε κάθε δοχείο πρέπει να υπάρχει αισθητήρας θερμοκρασίας. Για τη συστηματική μελέτη της όλης διάταξης πραγματοποιήσαμε τα ακόλουθα στάδια και παρατηρήσαμε τις ενδείξεις των αισθητήρων θερμοκρασίας:

- Οι αισθητήρες θερμοκρασίας σε κοντινή απόσταση μέσα σε δωμάτιο στο οποίο μεταβάλλουμε την θερμοκρασία

- Δυο ίδια διαφανή μπουκάλια με ατμοσφαιρικό αέρα και ένα αισθητήρα θερμοκρασίας το καθένα στις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες
- Δυο ίδια διαφανή μπουκάλια με διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και ένα αισθητήρα θερμοκρασίας το καθένα στις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες
- Δυο ίδια διαφανή μπουκάλια το ένα με ατμοσφαιρικό αέρα και το άλλο με διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και ένα αισθητήρα θερμοκρασίας το καθένα στις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες

Στην πρώτη δοκιμασία τοποθετήσαμε τους αισθητήρες πάνω σε μια βάση με τέτοιο τρόπο ώστε οι μεταλλικές κάσκες τους να έρχονται σε επαφή μόνο με τον περιβάλλοντα αέρα σε ύψος 1m από το πάτωμα. Το δωμάτιο είχε όγκο 60m^3 και θερμάνθηκε από αερόθερμο για περίπου 5 ώρες και ψύχθηκε για περίπου 2,5 ώρες.

Στη δεύτερη δοκιμασία τα μπουκάλια τοποθετήθηκαν πάνω σε ένα άδειο χάρτινο κουτί συσκευασίας, για να έρθουν σε θερμική ισορροπία με τον υπόλοιπο χώρο σε διάστημα περίπου 1-2 ωρών. Χρησιμοποιήθηκε το χάρτινο κουτί γιατί έχει μικρότερη θερμοχωρητικότητα και πυκνότητα από άλλα έπιπλα, που επαφή μαζί τους θα επηρέαζε τη θερμική ισορροπία του αέρα του δωματίου και των μπουκαλιών.

Στην τρίτη δοκιμασία γεμίσαμε τα δύο μπουκάλια με διοξείδιο του άνθρακα CO_2 με τη χρήση του παρασκευαστηρίου που περιγράφεται παρακάτω. Στη συνέχεια αφέθηκαν να έρθουν σε θερμική ισορροπία με το δωμάτιο σε διάστημα 1-2 ωρών.

Στην τέταρτη δοκιμασία το ένα μπουκάλι περιέχει ατμοσφαιρικό αέρα και το δεύτερο γέμισε με διοξείδιο του άνθρακα CO_2 με την ίδια διαδικασία με προηγουμένως. Τα δύο μπουκάλια τοποθετήθηκαν επάνω σε μια πλάκα από νοβοπάν σε ύψος 1m από το έδαφος σε υπόγειο δωμάτιο και φωτοβολήθηκαν με θερμική λάμπα για 2 ώρες και μετά αφέθηκαν να ψυχθούν μέχρι να φτάσουν σε θερμική ισορροπία με το δωμάτιο 1 ώρα αργότερα.

2.1.2. Τεχνικά Χαρακτηριστικά Αισθητήρα Θερμοκρασίας

Ο ψηφιακός αισθητήρας DS18B20 εκτελεί τις μετρήσεις της θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας δύο πηγές τάσεις ενεργειακού χάσματος. Μία από τις πηγές τάσεις έχει υψηλό θερμικό συντελεστή με αποτέλεσμα η παραγόμενη τάση να αλλάζει με τη θερμοκρασία. Η δεύτερη έχει χαμηλό θερμικό συντελεστή με αποτέλεσμα η παραγόμενη τάση να παραμένει σταθερή. Ένας μετατροπέας από αναλογικό σε ψηφιακό σήμα (ADC) μετατρέπει την διαφορά των δυο τάσεων σε μια ψηφιακή τιμή. Αυτή η τιμή αντιπροσωπεύει τη θερμοκρασία που μετράει ο αισθητήρας. Η ανάλυση του αισθητήρα μπορεί να τεθεί σε 9, 10, 11 ή 12 bits, που αντιστοιχούν σε βήμα 0,5°C, 0,25°C, 0,125°C και 0,0625°C αντίστοιχα.

Ο κατασκευαστής δηλώνει ότι η μέγιστη απόκλιση από τη γραμμικότητα είναι -0,2°C και είναι αρνητική για θερμοκρασίες έως 60°C και από τους 60 °C και πάνω θετική. Για την περιοχή των μετρήσεων που εξετάζουμε η απόκλιση από τη γραμμικότητα είναι σχεδόν σταθερή και ίση με -0.2 °C

2.1.3. Χρήση του Internet of Things (IoT) & RESTful API

Το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) είναι το πληροφοριακό σύστημα-υποδομή, το οποίο επιτρέπει εφαρμογές με συνδεδεμένες "έξυπνες" συσκευές. Έτσι δημιουργείτε ένα δίκτυο "υλικών" συσκευών, οχημάτων, εφαρμογών στο σπίτι και άλλων αντικειμένων που

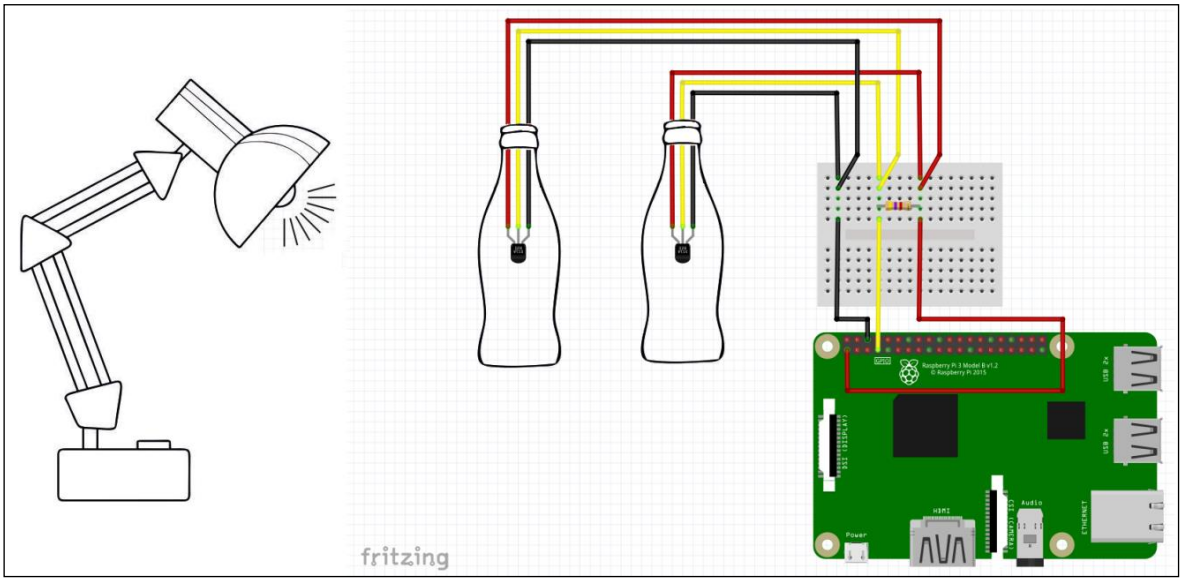
ενσωματώνουν λογισμικό, ηλεκτρονικά, αισθητήρες και ενεργοποιήτες. Η συνδεσιμότητα τους μέσω του IoT επιτρέπει σε αυτά τα "πράγματα" (Things) να συνδέονται και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Κάθε συσκευή είναι μοναδικά αναγνωρίσιμη και μπορεί να λειτουργήσει μέσα στην υπάρχουσα υποδομή του διαδικτύου των χρηστών (Internet of People IoP). Πολύ γνωστά παραδείγματα του IoT στην καθημερινότητα μας είναι:

- η ταυτοποιήση με ραδιοσυχνότητες (RFID), ξεκλείδωμα ηλεκτρονικών κλειδαριών στα ξενοδοχεία (για να μη γίνεται χρήση κλειδιών), ανέπαφες συναλλαγές με το πιστωτικές κάρτες, παρακολούθηση γραμμής παραγωγής κλπ.
- η αυτοματοποίηση των σπιτιών για εξοικονόμηση ενέργειας (θέρμανση, ψύξη, πετάσματα, κλπ) και ευκολία των ενοίκων (ειδοποιήσεις στο κινητό, ενεργοποιήση & ελέγχος συναργερμού μέσω εφαρμογών, αυτοματοποιημένος φωτισμός κλπ)
- υποβοήθηση στην παρακολούθηση της υγείας ανθρώπων της 3ης ηλικίας και αυτονομία τους στο σπίτι (αυτόματη υπενθύμιση για χάπια και σωστή δοσολογία, απενεργοποίηση ηλεκτρικών συσκευών, κλήσεις έκτακτης ανάγκης κλπ)

Στο IoP, οι χρήστες αναζητούν τις πληροφορίες τους μέσω των δρομολογητών (web browsers) και της οθόνης. Όμως στο διαδίκτυο IoT, οι συσκευές έχουν περιορισμούς από διάφορες αιτίες όπως η ενεργειακή αυτονομία τους από τις μπαταρίες, τα οπτικά (για ανθρώπους) περιβάλλοντα εργασίας όπως οι ιστοσελίδες, η επεξεργαστική ισχύς κλπ. Άρα χρειάζονται έναν ειδικότερο τρόπο να αλληλεπιδρούν με τον παγκόσμιο ιστό. Αυτό το "διαδικτυακό περιβάλλον εργασίας για συσκευές" ονομάζεται Application Programming Interface (API).

Ένα τέτοιο API είναι το RESTful API, το οποίο είναι επικοινωνία μεταξύ των συσκευών σε HTTP που είναι το πρωτόκολλο επικοινωνίας των δρομολογητών με τις ιστοσελίδες και ένας συχνός τρόπος επικοινωνίας στον παγκόσμιο διαδικτυακό ιστό WWW.

2.1.4. Ολοκλήρωση της μετρολογικής διαδικασίας μέσω IoT



Εικόνα 1: Σχηματική αναπαράσταση της συνδεσμολογίας των αισθητήρων με το raspberry pi 3

Η μετρολογική διαδικασία ολοκληρώνεται με τη χρήση του IoT & του RESTful API που αναφέρθηκε. Αυτό επιτυγχάνεται συνδέοντας τους αισθητήρες μας με το Raspberry Pi 3 model B το οποίο μέσω των κατάλληλων εφαρμογών λαμβάνει τα δεδομένα από τους

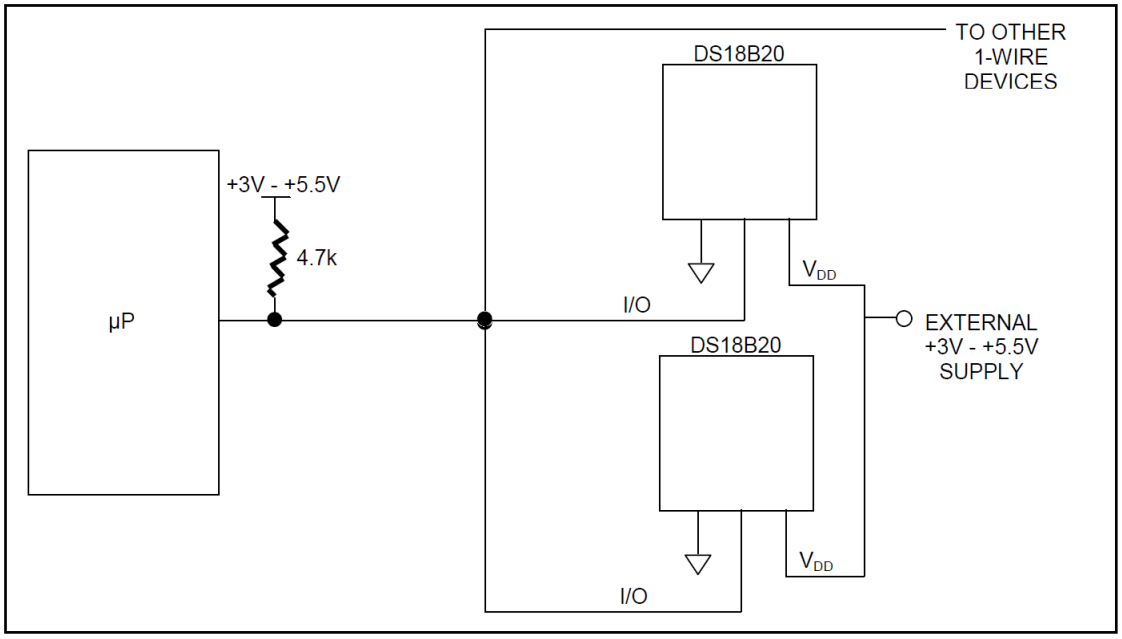
αισθητήρες και τα στέλνει στον διακομιστή της ιστοσελίδας μας για αποθήκευση, ζωντανή απεικόνιση και λήψη των μετρήσεων από τον χρήστη μέσω του Dashboard.

Στην Εικόνα 1 βλέπουμε τη σχηματική αναπαράσταση της συνδεσμολογίας των αισθητήρων με to raspberry pi 3 και τη θέση των αισθητήρων στο κέντρο του μπουκαλιού.

2.2. Κατασκευή διάταξης & παρασκευαστήριου Διαδικασία γεμίσματος με CO2

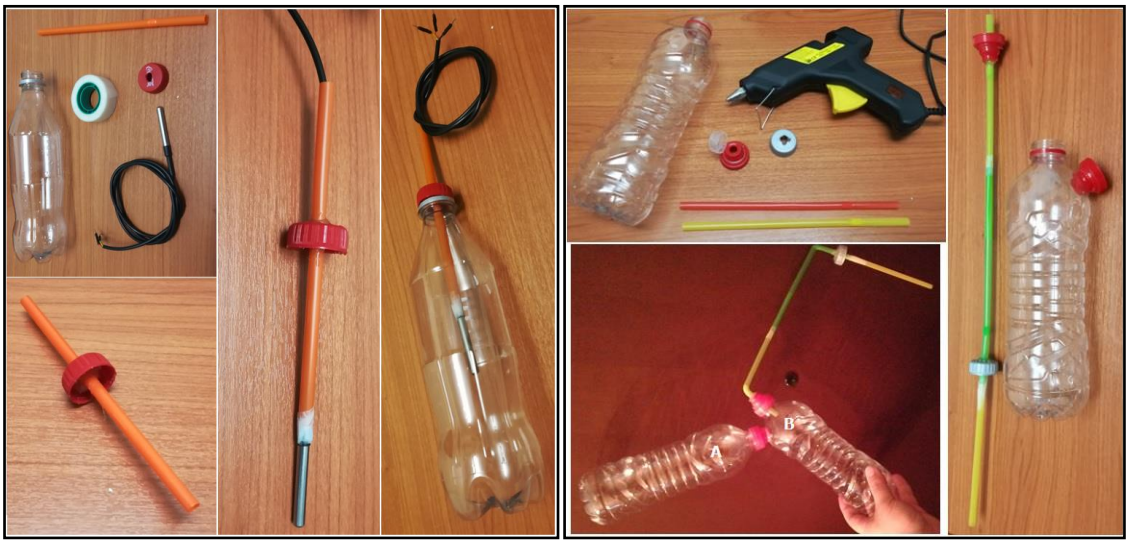
Ο αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20 έχει αδιαβροχοποιηθεί και βρίσκεται μέσα σε μια κυλινδρική γυαλιστερή (inox) μεταλλική κάψα στην άκρη μιας προέκτασης που καταλήγει σε τρεις ακροδέκτες.

Μέσω της θύρας εισόδου/εξόδου (I/O) γίνεται έλεγχος του αισθητήρα από τον μικροεπεξεργαστή. Επειδή ο κάθε επεξεργαστής περιέχει ένα μοναδικό σειριακό αριθμό μπορούν πολλαπλοί αισθητήρες να συνδεθούν στην ίδια θύρα επικοινωνίας του μικροεπεξεργαστή, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2: Σχηματικό σύνδεσης της πολλαπλών αισθητήρων DS18B20 με τον μικροεπεξεργαστή

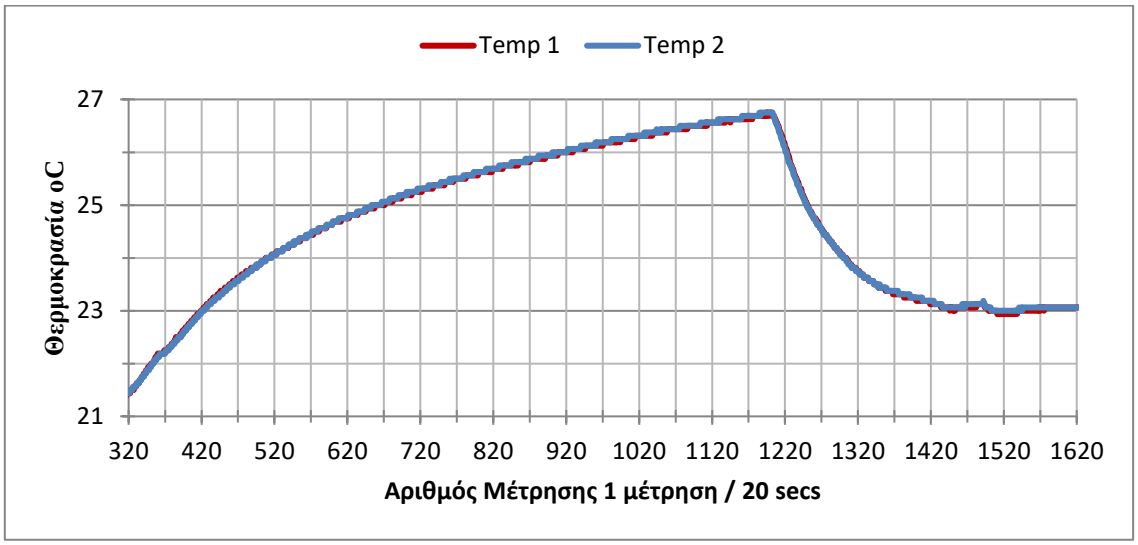
Στο αριστερό κομμάτι της εικόνα 3 φαίνονται τα υλικά και τα στάδια της κατασκευής του στελέχους με τον αισθητήρα που εφαρμόζεται στο μπουκάλι. Με την παραπάνω κατασκευή επιτυγχάνεται η τοποθέτηση του αισθητήρα στο ίδιο σημείο και στα δύο μπουκάλια, δηλαδή στο κέντρο του μπουκαλιού. Το πλαστικό καλαμάκι στερεώθηκε στο καπάκι με θερμοκόλλα σιλικόνης για τη σταθεροποίηση και τη στεγανοποίηση του ανοίγματος. Στο δεξί κομμάτι της εικόνα 3 βλέπουμε τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για το παρασκευαστήριο CO_2. Το παρασκευαστήριο εκμεταλλεύεται την μεγαλύτερη πυκνότητα του CO_2 ως προς τον ατμοσφαιρικό αέρα για την πλήρωση του μπουκαλιού.



Εικόνα 3: Υλικά και κατασκευή της διάταξης και του παρασκευαστηρίου CO_2

2.3. Λήψη μετρήσεων

2.3.1. Θερμόμετρα στο δωμάτιο

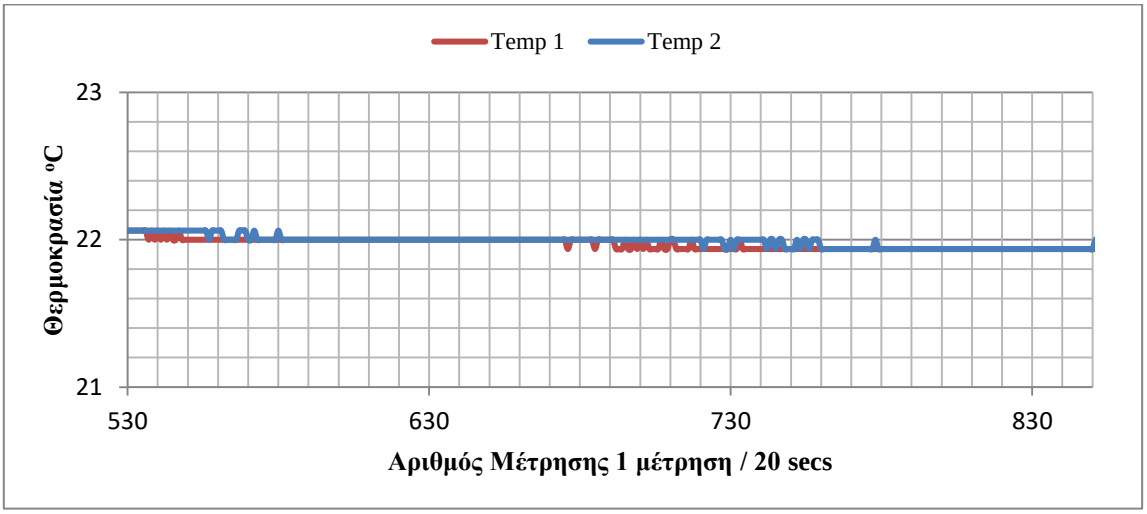


Διάγραμμα 2: Θερμοκρασία δωματίου με θέρμανση από αερόθερμο

Στο διάγραμμα 2 φαίνεται η αύξηση της θερμοκρασίας του δωματίου λόγω της θέρμανσης του με αερόθερμο. Οι καμπύλες σχεδόν ταυτίζονται και έχουν μόνο διαφορές ίσες με 0,0625 ^oC, λόγω της ψηφιακής ανάλυσης του αισθητήρα, άρα η αβεβαιότητα είναι 0.04 ^oC. Οι καμπύλες θέρμανσης και η ψύξης ακολουθούν τους αντίστοιχους νόμους του Newton.

2.3.2. Θερμόμετρα στο θάλαμο με ατμοσφαιρικό αέρα

Αφού οι αισθητήρες βρίσκονται μέσα στο μπουκάλι αναμένεται να έρθουν σε θερμική ισορροπία με τον περιβάλλοντα χώρο. Οι μετρήσεις μας όπως και στο πρώτο διάγραμμα έχουν μόνο διαφορές ίσες με 0,0625 ^oC, άρα έχουμε την ίδια αβεβαιότητα.

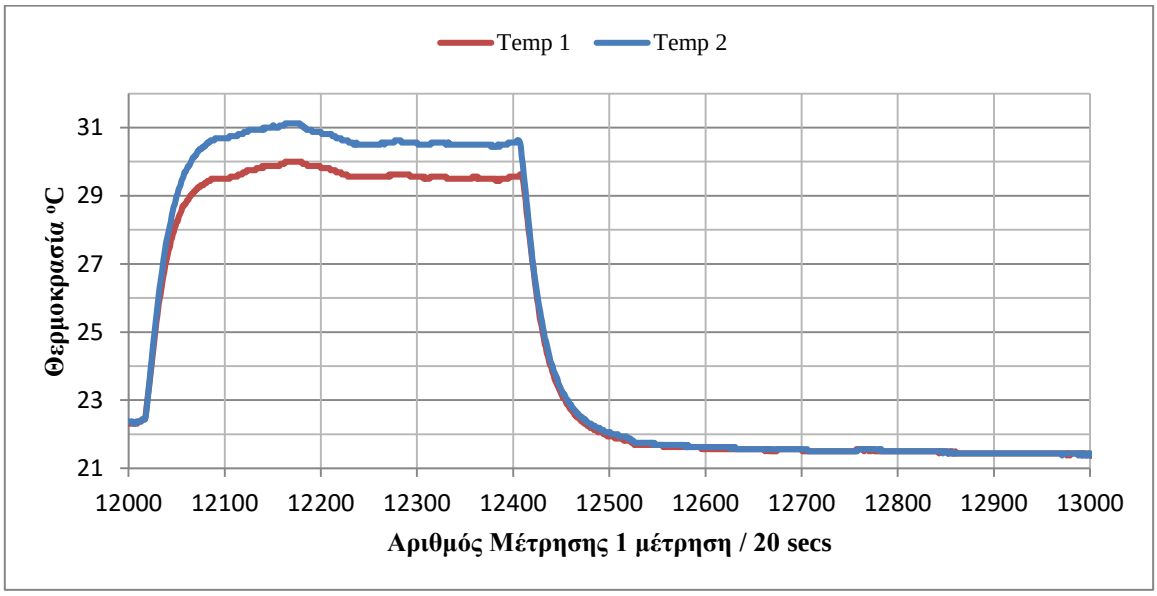


Διάγραμμα 3: Θερμόμετρα στο θάλαμο με ατμοσφαιρικό αέρα

2.3.3. Θερμόμετρα στο θάλαμο με CO_2

Γεμισμένα και τα δύο μπουκάλια με CO_2 οι αισθητήρες βρίσκονται μέσα στο μπουκάλι και έρχονται σε θερμική ισορροπία με τον περιβάλλοντα χώρο. Οι μετρήσεις μας όπως και στα διαγράμματα 1 & 2 έχουν μόνο διαφορές ίσες με 0,0625 °C.

2.3.4. Θερμόμετρα σε 2 θαλάμους με CO2 & ατμοσφαιρικό αέρα αντίστοιχα



Διάγραμμα 4: Θερμοκρασία θαλάμων με Ατμοσφαιρικό αέρα (1) & CO_2 (2)

με ακτινοβόληση από θερμαντική λάμπα

Από τις προηγούμενες μετρήσεις βγαίνει το συμπέρασμα ότι τα θερμόμετρα μας δείχνουν την ίδια θερμοκρασία ανεξάρτητα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η αυξομείωση της θερμοκρασίας, η ύπαρξη του μπουκαλιού και τέλος η αλλαγή του αερίου. Στο

διάγραμμα 4 έγινε η ταυτόχρονη μέτρηση της θερμοκρασίας των δυο μπουκαλιών με διαφορετικό περιεχόμενο το καθένα και με φωτισμό από θερμαντική λάμπα. Μέσα σε 75 μετρήσεις ~25' παρατηρούμε την αναμενόμενη υψηλότερη θερμοκρασία που έχει το μπουκάλι με CO_2 και τη σταθερή διατήρηση της διαφοράς της θερμοκρασίας μέχρι και τον τερματισμό της ακτινοβόλησης. Οι καμπύλες θέρμανσης και η ψύξης ακολουθούν τους αντίστοιχους νόμους του Newton, όπως είδαμε και στο διάγραμμα 2.

3. Συμπεράσματα – Πρόταση

Παρόμοιες δοκιμές είχαν γίνει από την ομάδα μας με διάταξη στην οποία χρησιμοποιήθηκε ο LM35 (αναλογικός αισθητήρας θερμοκρασίας), η πλακέτα ανάπτυξης εφαρμογών Arduino Uno R3 (για ψηφιοποίηση των σημάτων και αποστολή δεδομένων) και υπολογιστής για έλεγχο της διάταξης και διαχείριση των δεδομένων των μετρήσεων. Τα μειονεκτήματα της προηγούμενης διάταξης ήταν ότι ασθενές αναλογικό σήμα έπρεπε να ταξιδέψει σε καλώδιο ίσου περίπου μήκους μέχρι να ψηφιοποιηθεί και ο θόρυβος προκαλούσε αλλοίωση των μετρήσεων.

Με τη νέα διάταξη η ψηφιοποίηση γίνεται μέσα στον αισθητήρα, ο οποίος βρίσκεται μέσα σε μεταλλική γυαλιστερή κάψα διορθώνοντας έτσι τους παράγοντες (χρώματος & γεωμετρίας που επηρέαζαν τις μετρήσεις μας.

Η ενσωμάτωση της πειραματικής συσκευής στο IoT διευκολύνει την πρόσβαση των δεδομένων από το ευρύ κοινό και μπορεί να βοηθήσει στην ευαισθητοποίηση του για τις εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα ανά κάτοικο. Επίσης η διάταξη δείχνει σε μικρό χρονικό διάστημα αποτελέσματα με ξεκάθαρο και ευνόητο τρόπο και συνεπώς είναι κατάλληλη για μια διδακτική ώρα.

4. Βιβλιογραφία - Δικτυακές Αναφορές

Μπακάλογλου Μ., Κασάπης Α.Α., Σφέτσιου Χ., Τσιακίρης Θ. και Πολάτογλου Χ.: " *Το φαινόμενο του θερμοκηπίου σε μπουκάλι με τη χρήση Arduino*". «13ο Συνέδριο Η εκπαίδευση στην εποχή των Τ.Π.Ε. & της Καινοτομίας», (5 & 6 Νοεμβρίου 2016), Αθήνα

Σταμάτης, Η. "*e-χώρος Ηλιαδάκη Σταμάτη θερμοζεύγος εργαστηριακό πείραμα",* http://users.sch.gr/siliadakis/images/docs/ask1Thermocupler.pdf , (2011) , προσπελάστηκε στις 13 Απριλίου 2018

Annenberg Foundation, "*Unit 2Q Atmosphere Section 4: Major Greenhouse Gases",* https://www.learner.org/courses/envsci/unit/text.php?unit=2&secNum=4 , (2016) , προσπελάστηκε στις 13 Απριλίου 2018

Emissions Database for Global Atmospheric Research, "*Emissions Database for Global Atmospheric Research",* http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=CO2ts1990-2013 , (1990-2013), προσπελάστηκε στις προσπελάστηκε στις 13 Απριλίου 2018

Intergovernmental Panel on Climate Change, "*Intergovernmental Panel on Climate Change (1990-2007) Assessment Reports",* https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1 , (1990 - 2007), προσπελάστηκε στις 13 Απριλίου 2018

Maxim Integrated, "*DS18B20 datasheet"* , https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf , (2015), προσπελάστηκε στις 13 Απριλίου 2018

Maxim Integrated, "*Comparison of the DS18B20 and DS18S20 1-Wire Digital Thermometers*", https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/4377, (2009), προσπελάστηκε στις 13 Απριλίου 2018

National Oceanic & Atmospheric Association, "Full Mauna Loa CO2 record", https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/full.html , (2018), προσπελάστηκε στις 13 Απριλίου 2018

National Weather Services, "Jetstream - an online school for weather", https://www.weather.gov/jetstream/ , (2010) , προσπελάστηκε στις 13 Απριλίου 2018

Scripps Institution of Oceanograpghy, "The Keeling curve", https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/, (2018), προσπελάστηκε στις 13 Απριλίου 2018

Sharp, T. , "What is the temperature of the moon", http://www.space.com/18175-moon-temperature.html , (2012), προσπελάστηκε στις 13 Απριλίου 2018

UbiDots platform, "*REST API reference*", https://ubidots.com/docs/api/index.html#api-reference, (2018), προσπελάστηκε στις 13 Απριλίου 2018

United Nations framework convention on climate change, "*United Nations framework convention on climate change Articles of Rio Convention"*, http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf , (1992), προσπελάστηκε στις 13 Απριλίου 2018

United Nations framework convention on climate change, "*Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change"*, http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf , (1998), προσπελάστηκε στις 29 Αυγούστου 2016

United Nations Treaty collection. (2015, December 12). *United Nations Treaty collection chapter XXVII Enviroment 7.d Paris Agreement.* https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en , προσπελάστηκε στις 13 Απριλίου 2018