

«Χρήση του Arduino στο Ε.Φ.Ε. Το παράδειγμα της Θερμομέτρησης με τον αισθητήρα LM35»

Πάλλας Αναστάσιος¹, Ορφανάκης Στυλιανός²

¹ Φυσικός – Ρ/Η, εκπαιδευτικός στο Π.Σ.Π.Θ.

paltasos@gmail.com

² Φυσικός – Ρ/Η, εκπαιδευτικός στο Γυμνάσιο με Λ.Τ Καλλιθέας

stelios_orfanakis@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί κατακόρυφα η χρήση του μικροελεγκτή Arduino, ενός μικροελεγκτή με πολλές δυνατότητες και χαμηλό κόστος. Οι περισσότερες όμως από τις εφαρμογές ανήκουν στον χώρο της Ρομποτικής και Αυτοματισμού, της Πληροφορικής και των Ηλεκτρονικών, ενώ λίγες είναι σχετικά οι αναφορές στη συστηματική και οργανωμένη χρήση του Arduino στο Εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών.

Στην προτεινόμενη εργαστηριακή άσκηση περιγράφεται με λεπτομέρειες ο τρόπος χρήσης του αισθητήρα θερμοκρασίας LM35 με τον μικροελεγκτή Arduino. Με τον τρόπο αυτό, η χρήση του LM35 γίνεται σημείο αναφοράς για τη σύνδεση και χρήση και άλλων αναλογικών και ψηφιακών αισθητήρων με τους οποίους αισθητοποιούνται δεδομένα του φυσικού περιβάλλοντος, ενώ παράλληλα παρουσιάζονται όχι ιδιαίτερα γνωστές δυνατότητες λογισμικών συλλογής, επεξεργασίας και παρουσίασης δεδομένων.

Με τον τρόπο αυτό αναδεικνύονται τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες του Arduino ως ένα χαμηλού κόστους σύστημα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης με υψηλές όμως προδιαγραφές, ιδανικό για το Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Arduino, αισθητήρες, Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια αυξάνεται ραγδαία η χρήση διαφόρων μικροελεγκτών χαμηλού κόστους με μεγάλες όμως δυνατότητες. Ανάμεσα σ' αυτούς ξεχωρίζει ο μικροελεγκτής Arduino, το κόστος του οποίου μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα της χρήσης και αποδοχής που τυγχάνει από εκατομμύρια χρήστες.

Ο Arduino είναι μια μικροηλεκτρονική πλατφόρμα χαμηλού κόστος και ανοικτού κώδικα και είναι γνωστός για τις εφαρμογές που βρίσκει στο χώρο του Αυτοματισμού και της Ρομποτικής (Σχήμα 1). Μια από τις πολλές δυνατότητες του Arduino, ενός αξιόπιστου, οικονομικά προσιτού και λειτουργικού εκπαιδευτικού εργαλείου είναι η δυνατότητα αλληλεπίδρασης με το φυσικό κόσμο μέσω αισθητήρων για την καταγραφή, επεξεργασία και απεικόνιση δεδομένων διαφόρων φυσικών μεγεθών όπως είναι η θερμοκρασία, η πίεση, η ένταση ρεύματος ή φωτός, η απόσταση κ.λπ. Αυτή του η ιδιότητα φαίνεται ότι μπορεί να αποτελέσει ένα ελκυστικό εργαλείο για την προώθηση του STEM (Science Technology Engineering Mathematics) που είναι η δυναμικά εξελισσόμενη μεθοδολογία παγκοσμίως για την προώθηση των θετικών επιστημών στη μέση εκπαίδευση.

Ακόμη, η χρήση του δημιουργεί ένα ευνοϊκό κλίμα για να μετατραπούν οι εκπαιδευτικοί, αλλά και οι μαθητές, σε συνδημιουργούς μιας Τεχνολογίας που

αποτελεί μέσο και αυτοσκοπό ταυτόχρονα. Μια τέτοια φιλοσοφία είναι συμβατή με τους εκπαιδευτικούς στόχους, μερικοί από τους οποίους είναι ο μαθητής να γίνει «διανοούμενος», «επιστήμονας» και «μικρός ερευνητής». Τα παραπάνω ασπάζονται οι φορείς κατάρτισης και εκπαίδευσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι οποίοι δίνουν έμφαση στη χρήση, στα σχολεία, διδακτικών τεχνικών με βάση την έρευνα και την επίλυση προβλημάτων, θεωρώντας ότι οι ικανότητες και οι μαθησιακές συνήθειες που αποκτώνται στο σχολείο έχουν ουσιαστική σημασία για την ανάπτυξη νέων δεξιοτήτων για νέες θέσεις εργασίας στα επόμενα στάδια της ζωής (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2008, Νέο Σχολείο, 2010, Banzi, 2011, Μακρυγιάννης, 2012).



Σχήμα 1: Ο Arduino Uno

Αν και οι εφαρμογές που ενσωματώνουν τον Arduino πληθαίνουν ραγδαία, οι περισσότερες απ' αυτές ανήκουν στον χώρο της Ρομποτικής και Αυτοματισμού, της Πληροφορικής και των Ηλεκτρονικών. Παρά δηλαδή τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η τεχνολογία του Arduino, οι βιβλιογραφικές αναφορές για τη χρήση του στο Εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών της Β/θμιας Εκπαίδευσης φαίνονται να είναι μάλλον περιορισμένες τόσο στον ελλαδικό (Νούσης & Νούση, 2013, Άρτεμη κ.α., 2014, Πάλλας & Ορφανάκης 2015), όσο και στο διεθνή χώρο (Galeriu et.al., 2014, Wong et.al., 2014, Zieris et.al., 2014, Huang, 2015, Hjort & Holmberg, 2015).

Οι λόγοι που δεν έχει γενικευτεί ακόμη η χρήση του Arduino στο Εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών είναι αρκετοί. Το μη ευέλικτο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, αλλά και οι συνδυαστικές γνώσεις Φυσικών Επιστημών, Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών που απαιτούνται από έναν εκπαιδευτικό για να αξιοποιήσει την τεχνολογία και τις δυνατότητες του Arduino, είναι δυο από τους σημαντικότερους.

Στη προτεινόμενη εργαστηριακή παρουσίαση εξετάζονται τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες του Arduino ως ένα χαμηλού κόστους σύστημα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης με υψηλές όμως προδιαγραφές, κατάλληλο για το Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών. Η εργαστηριακή

παρουσίαση εστιάζει την προσοχή της στους αναλογικούς αισθητήρες, με τους οποίους αισθητοποιούνται δεδομένα του φυσικού περιβάλλοντος, στο σύστημα συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων, που το αποτελούν ο Arduino και τα κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα και τέλος, στο τρόπο παρουσίασης των αποτελεσμάτων (H/Y, LCD οθόνες κ.λπ). Πιο συγκεκριμένα, η εργαστηριακή παρουσίαση εξετάζει τον τρόπο που μπορεί κανείς να εντάξει δημιουργικά, ευέλικτα και σχετικά εύκολα έναν από τους σημαντικότερους αισθητήρες του Arduino στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, τον αισθητήρα θερμοκρασίας LM35. Η προσεγγίση αυτή αποτελεί σημείο αναφοράς για την σύνδεση της πλειοψηφίας των αναλογικών και ψηφιακών αισθητήρων του Arduino.

Η εργαστηριακή παρουσίαση εντέλει απευθύνεται σε όλους/ες όσους/ες διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες, Πληροφορική και Τεχνολογίας στη Β/θμια Εκπαίδευση και ενδιαφέρονται να υλοποιήσουν καινοτόμες εργαστηριακές ασκήσεις και μετρήσεις διαφόρων φυσικών μεγεθών, είτε στο πλαίσιο του προβλεπόμενου αναλυτικού προγράμματος, είτε στο πλαίσιο άλλων μαθημάτων όπως είναι το μάθημα των Ερευνητικών Εργασιών.

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Παρακάτω παρουσιάζεται ο απαιτούμενος εξοπλισμός για την πραγματοποίηση της εργαστηριακής παρουσίασης. Δεδομένο θεωρείται η ύπαρξη H/Y με οποιοδήποτε λειτουργικό. Εκτός όμως του H/Y θα απαιτηθούν σε επίπεδο Hardware τα παρακάτω :

- 12 Μικροελεγκτές Arduino Uno και ισάριθμα καλώδια σύνδεσης με τον H/Y.
- 12 Breadboard και καλώδια σύνδεσης
- 12 αισθητήρες θερμοκρασίας LM35
- 6 Ψηφιακά πολύμετρα.
- 6 ψηφιακά θερμόμετρα
- Από ένα αισθητήρα απόστασης, ήχου, αερίων και φωτός για επίδειξη και ενημέρωση

Ο παραπάνω εξοπλισμός είναι στη κατοχή των εισηγητών οι οποίοι και δεσμεύονται να τον διαθέσουν για ελεύθερη χρήση του από τους/τις επιμορφούμενους/ες.

Επίσης, σε επίπεδο software θα απαιτηθούν τα παρακάτω λογισμικά :

- Το Arduino 1.6.7, για τη σύνδεση του Arduino με τον H/Y. Διαθέσιμο στην επίσημη ιστοσελίδα του Arduino <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>
- Το PLX-DAQ, για τη σύνδεση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων απευθείας σε EXCEL. Διαθέσιμο στην <http://robottini.altervista.org/arduino-and-real-time-charts-in-excel>.
- Το StampPlot Pro V3.8, ένα δωρεάν λογισμικό data plotting, διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://stampplot-pro.software.informer.com/3.9/>, που συνεργάζεται με τον Arduino.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ – ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Ο αριθμός των συμμετεχόντων δεν μπορεί να υπερβαίνει τους εικοσι τέσσερεις (24), σε περίπτωση που εργαστούν ανα ομάδες των δυο (2) ατόμων (προτείνεται) και κάθε ομάδα έχει στη διάθεση της έναν H/Y. Σε περίπτωση που εργαστούν ατομικά, τότε ο αριθμός των συμμετεχόντων περιορίζεται στους δώδεκα (12), όσοι και οι διαθέσιμοι H/Y.

Η ιδανική διάρκεια της εργαστηριακής άσκησης για την επίτευξη των διδακτικών στόχων της είναι τρεις (3) ώρες. Όμως, αν θεωρηθεί δεδομένη η αυστηρή τήρηση του διαθέσιμου διδακτικού χρόνου ανα εργαστηριακή άσκηση, τότε υπάρχει η ευελιξία να προσαρμοστούν οι δραστηριότητες σε δύο (2) ώρες.

ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Η δομή της εργαστηριακής άσκησης παρουσιάζεται συνοπτικά παρακάτω. Λεπτομέρειες των επιμέρους δραστηριοτήτων αναφέρονται στο σχετικό φύλλο οδηγιών που επισυνάπτεται.

- Σύντομη παρουσίαση της πλατφόρμας του Arduino.
- Αναφορά στους αισθητήρες του και στη σχέση τους με τις Φυσικές Επιστήμες.
- Παρουσίαση και σχολιασμός της δομής των εντολών της γλώσσας του Arduino.
- Δομή του κώδικα σύνδεσης οποιουδήποτε αισθητήρα.
- Σύνδεση του αισθητήρα θερμοκρασίας LM35 με τον Arduino.
- Βαθμονόμηση των αισθητήρων και του LM35.
- Τρόποι παρουσίασης των δεδομένων μέσω των πολλαπλών αναπαραστάσεων, όπως διαγράμματα σε Excel, σε οθόνη LCD κ.τ.λ.).

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ

Η εργαστηριακή δραστηριότητα μπορεί να εφαρμοστεί στους Ομίλους Αυτοματισμού, Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας που υπάρχουν σε επιλεγμένα σχολεία και αποτελούνται από μαθητές Γυμνασίου και Γενικού Λυκείου, αλλά και στα τμήματα Ηλεκτρονικών και Αυτοματισμού των ΕΠΑΛ. Ακόμη, η δραστηριότητα είναι κατάλληλη και για μαθητές/τριες της γ' Γυμνασίου, Α' και Β' τάξης Γενικών Λυκείων με ιδιαίτερη κλίση στη Τεχνολογία και στις Φυσικές Επιστήμες στο πλαίσιο του μαθήματος της Τεχνολογίας (Γυμνάσιο) και των Ερευνητικών εργασιών (Λύκειο).

Η δραστηριότητα απευθύνεται όμως και (κυρίως) στους εκπαιδευτικούς διαφόρων ειδικοτήτων από τον χώρο των Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Πληροφορικής. Η εργαστηριακή δραστηριότητα θα αποτελέσει έναυσμα και θα κινητοποιήσει αρκετούς όχι μόνο να εντάξουν τη δραστηριότητα στα μαθήματα τους, αλλά και για να επινοήσουν και να κατασκευάσουν χαμηλού κόστους αξιόπιστα εργαλεία και κατασκευές, ιδανικές για τα Εργαστήρια των Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το θερμόμετρο που μπορεί να κατασκευαστεί και να στηριχθεί στον Arduino και στον αισθητήρα LM35 είναι απαραίτητο στις περισσότερες υποχρεωτικές εργαστηριακές ασκήσεις της Φυσικής Α' Γυμνασίου.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αρτέμη, Σ., Μαΐδου, Α., Δίντσιος, Ν., Πολάτογλου Χ. (2014). Εκπαιδευτικό Υλικό για εξ-αποστάσεως εκπαίδευση στο πλαίσιο Ερευνητικής Εργασίας – Συνεργασία Τριτοβάθμιας με σχολεία Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Στο: Σκουμπουρδή, Χ., Σκουμιός, Μ., *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου*, σσ. 890-895. Ρόδος.

Μακρυγιάννης, Π. (2012). *Τα προγράμματα σπουδών του Νέου Σχολείου: στόχοι, φιλοσοφία και ένταξη των ψηφιακών μέσων διδασκαλίας και μάθησης στις παιδαγωγικές πρακτικές*, Πάντειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα

Νούσης, Β. & Νούση, Β. (2013). Ο Arduino στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, *5th Conference on Informatics in Education*, Αθήνα 2013.

Πάλλας, Α. & Ορφανάκης, Σ. (2015). Μέτρηση των «θερμοκηπικών» αερίων με τη βοήθεια του Arduino. Στο Πρακτικά 1^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου για την Προώθηση της Εκπαιδευτικής Καινοτομίας, Τόμος III, σσ 8-24, Λάρισα 2015.

Υπουργείο Παιδείας Δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων (2010). *Νέο Σχολείο : Πρώτα ο μαθητής*, σσ. 8, Αθήνα.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2008). *Improving competences for the 21st Century: An Agenda for European Cooperation on Schools*. SEC(2008) 2177.

Galeriu, C., Edwards, S., and Esper, G. (2014). An Arduino Investigation of Simple Harmonic Motion. *The Physics Teacher*, Vol. 52, pp. 157-159.

Hjort, A., & Holmberg M. (2015). Measuring mechanical vibrations using an Arduino as a slave I/O to an EPICS control system. *Physics Project with a Research Connection 5 hp, 1FA605*, 2015, pp. 1-25.

Huang B. (2015). Open-source Hardware -- Microcontrollers and Physics Education - Integrating DIY Sensors and Data Acquisition with Arduino. *122nd ASEE Annual Conference & Exposition, Seattle*, paper ID #14073, June 2015.

Wong, W., Chao, T., Chen, P., Lien, Y., Wu, C. (2015). Pendulum experiments with three modern electronic devices and a modelling tool. *Journal of Computers in Education DOI 10.1007/s40692-015-0026-1*.

Zieris, H., Gerstberger, H., Müller, W. (2014). Using Arduino-Based Experiments to Integrate Computer Science Education and Natural Science. *Conference: KEYCIT 2014 – Key Competencies in Informatics and ICT*, 2014, pp. 238-243. Potsdam.

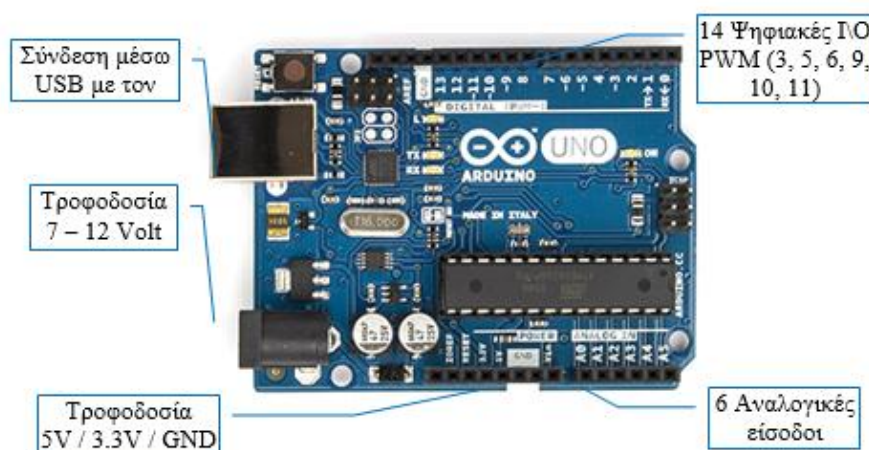
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Σχέδιο Μαθήματος – Δομή των δραστηριοτήτων

“ Χρήση του Arduino στο ΕΦΕ. Το παράδειγμα της Θερμομέτρησης με τον αισθητήρα LM35 ”

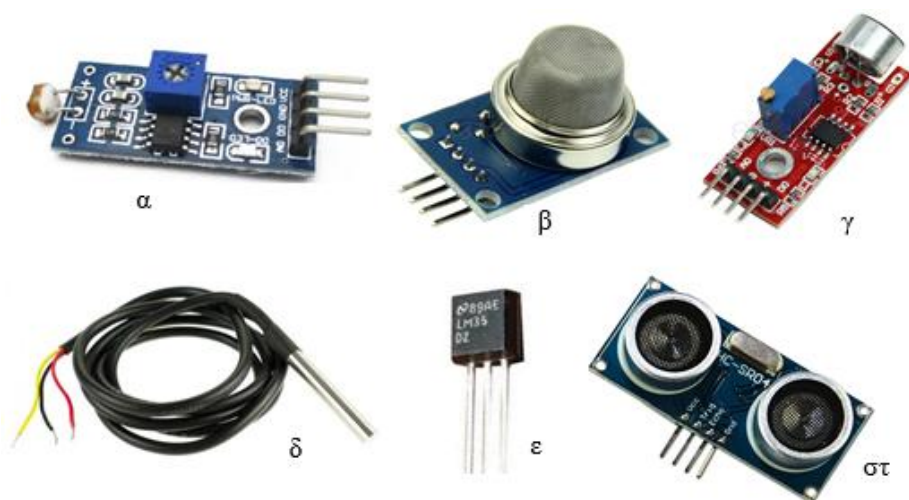
1. Σύντομη περιγραφή του Arduino και των σημαντικότερων αισθητήρων.

1.1 Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται ο Arduino και τα σημαντικότερα εξαρτήματα επικοινωνίας του με το περιβάλλον. Περιεργαστείτε τον και στη συνέχεια συνδέστε τον με τον Η/Υ χρησιμοποιώντας το καλώδιο usb α.



Σχήμα 1: Ο Arduino Uno και οι σημαντικότερες συνδέσεις του

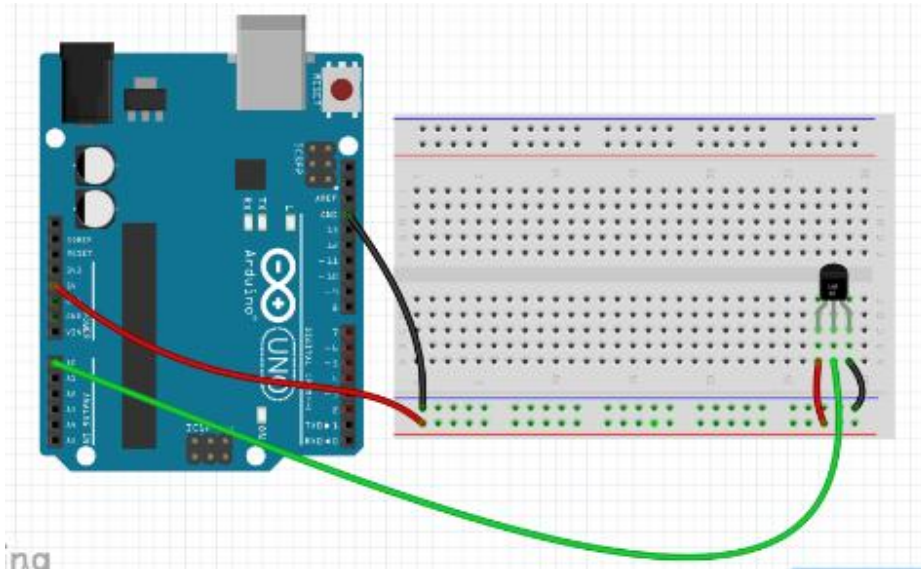
1.2 Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται διάφοροι αισθητήρες. Μπορείτε να διακρίνετε ποιοι είναι αναλογικοί και ποιοι ψηφιακοί ;



Σχήμα 2 : Διάφοροι αναλογικοί και ψηφιακοί αισθητήρες του Arduino : α) φωτός, β) αερίων, γ) ήχου, δ) θερμοκρασίας (ψηφιακός), ε) θερμοκρασίας (αναλογικός), στ) υπερήχων ή απόστασης (ψηφιακός)

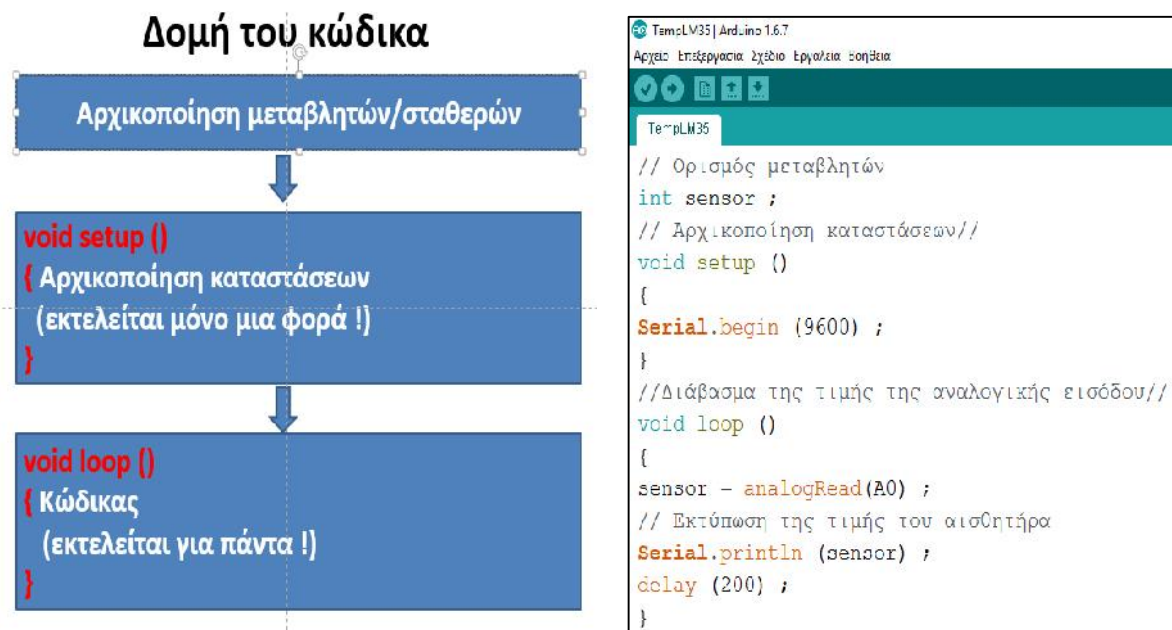
2. Σύνδεση του αισθητήρα με τον Arduino

2.1 Χρησιμοποιήστε το Breadboard για να συνδέσετε τον αισθητήρα LM35 (Σχήμα 3). Υπενθυμίζεται ότι στο Breadboard οι 2 επάνω και οι 2 κάτω γραμμές είναι βραχυκυκλωμένες. Επίσης είναι βραχυκυκλωμένες και οι κατακόρυφες γραμμές μεταξύ τους, με το βραχυκύκλωμα να σταματά στο μέσον του Breadboard.



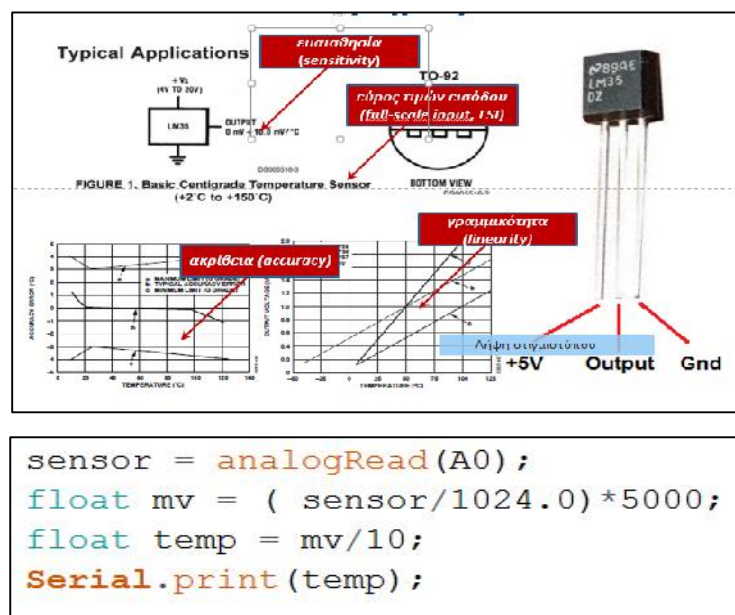
Σχήμα 3. Το κύκλωμα του αισθητήρα LM35 με τον Arduino

2.2 Γράψτε στο περιβάλλον IDE του Arduino τον κώδικα που φαίνεται στο Σχήμα 4 δεξιά και «τρέξτε» τον. Στη συνέχεια παρατηρήστε στη σειριακή οθόνη του Arduino τις τιμές που καταγράφονται στην αναλογική είσοδο A0. Είναι αυτές τιμές θερμοκρασίας ;



Σχήμα 4. α) Δομή κώδικα, β) Ο κώδικας για αναλογικό αισθητήρα,

3. Βαθμονόμηση του αισθητήρα και απεικόνιση της θερμοκρασίας

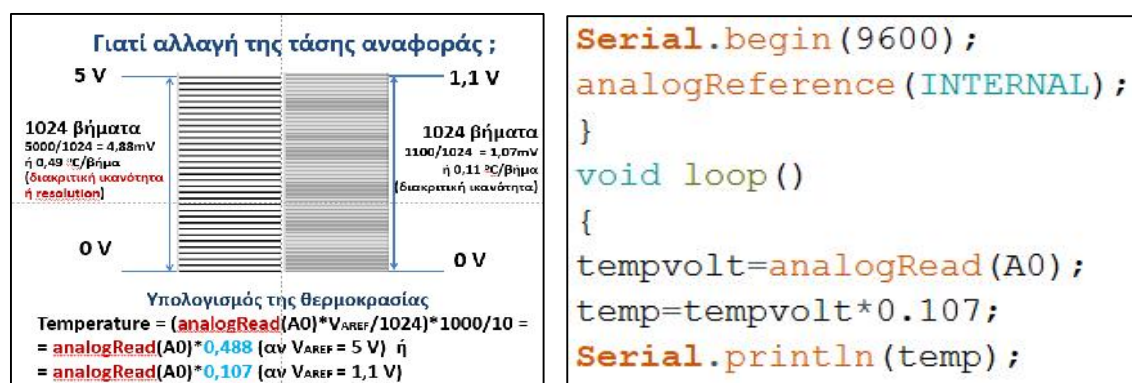


Σχήμα 5. α) το φύλλο δεδομένων του αισθητήρα β) οι προστιθέμενες εντολές κώδικα

Προσθέστε τις δυο εντολές (που ξεκινούν με την εντολή float) στον κώδικα που ήδη έχετε (Σχήμα 5) γράψι και παρατηρήστε την σειριακή οθόνη. Τι αλλαγές παρατηρείτε ; Μπορείτε να εξηγήσετε αυτές τις τιμές με βάση τα χαρακτηριστικά του LM35 ;

4. Αλλαγή της τάσης αναφοράς, αύξηση της διακριτικής ικανότητας

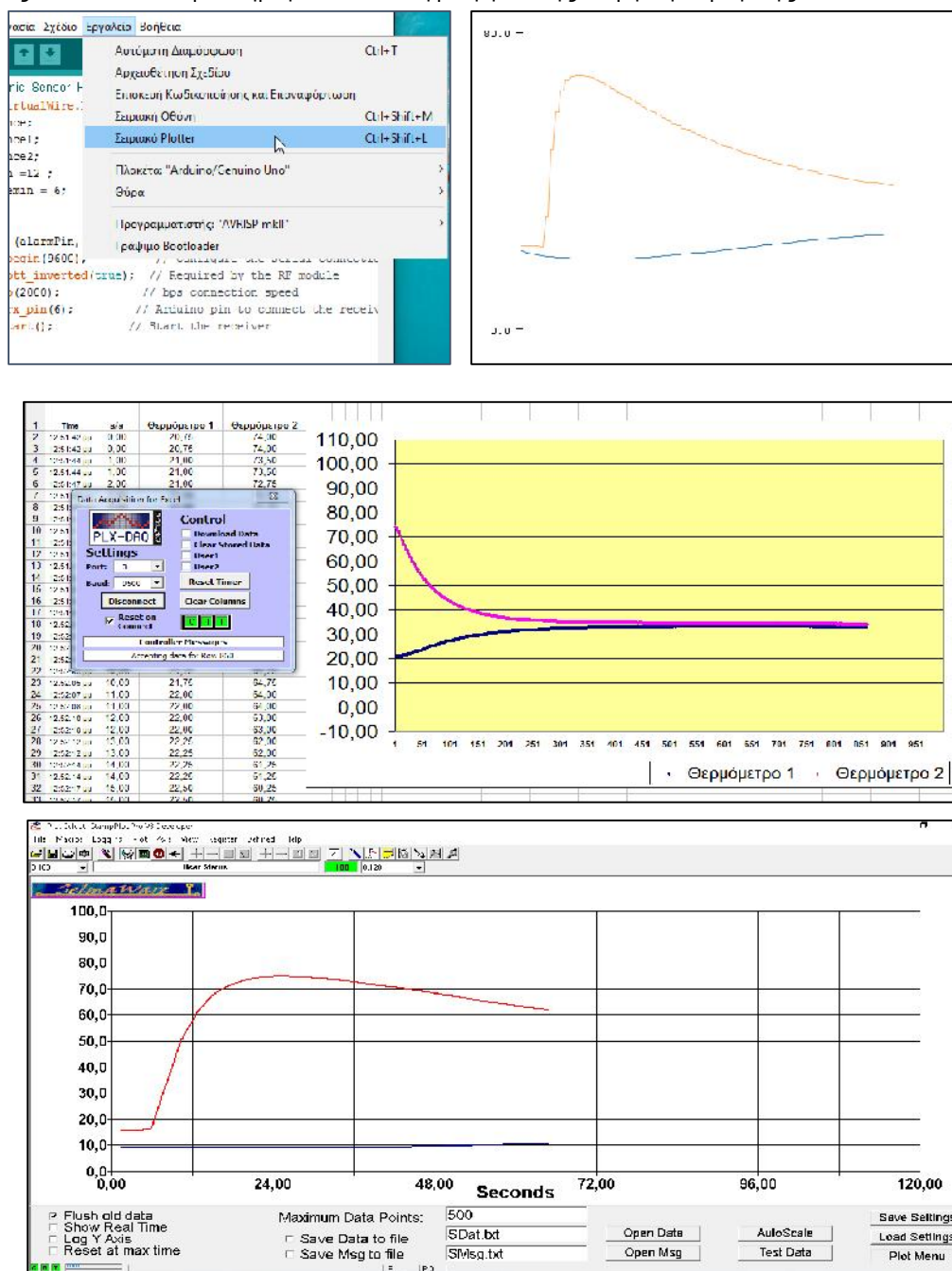
Εμπλουτίστε τον κώδικα προσθέτοντας 2 επιπλέον εντολές. Μελετώντας το Σχήμα 6α προσπαθήστε να εξηγήσετε την αύξηση της διακριτικής ικανότητας του αισθητήρα θερμοκρασίας. Τι παρατηρείτε ;



Σχήμα 6. α) η εξήγηση της αύξησης της διακριτικής ικανότητας, β) ο κώδικας με τις πρόσθετες εντολές

5. Απεικόνιση των δεδομένων του αισθητήρα (αναλογικής εισόδου)

Στο Σχήμα 7 παρουσιάζονται τρεις διαφορετικοί τρόποι παρουσίασης των δεδομένων. Α) Στο 7α παρουσιάζεται η οθόνη plotting του Arduino. Η επιλογή αυτή υπάρχει στα Εργαλεία μια από τις επιλογές στο Μενού του Προγράμματος. Β) Η δεύτερη οθόνη (Σχήμα 7β) εμφανίζει τα δεδομένα και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας τους στην οθόνη του EXCEL. Για να τα δείτε τρέξτε το αρχείο Sensor.xls και ακολουθείστε τις οδηγίες. Γ) Τέλος, στο Σχήμα 7γ παρουσιάζεται η οθόνη του data plotting λογισμικού StampPlot Pro V3.8. «Τρέξτε» το και παρατηρήστε το διάγραμμα της θερμομέτρησης.



Σχήμα 7. α) Η οθόνη plotting του Arduino, β) Η οθόνη σε EXCEL, γ) η οθόνη του StampPlot Pro V3.8.