

Εκπαιδευτική Ρομποτική: ανακαλύπτοντας όχι μόνο αυτό “που πρέπει”. Μια εφαρμογή με Lego Mindstorms NXT, Arduino και Processing.

Κ. Αλεξόπουλος¹, Ε. Ρόμπολα²

¹ Εκπαιδευτικός ΠΕ19 1^ο Γενικού Λυκείου Υμηττού
calexop@hotmail.com

² Εκπαιδευτικός ΠΕ19 4^ο Γενικού Λυκείου Βύρωνα
eleni.rompola@gmail.com

Περίληψη

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας αναπτύσσουμε ένα project ρομποτικής χρησιμοποιώντας δύο από τα πιο διαδεδομένα εργαλεία εκπαιδευτικής ρομποτικής το LEGO Mindstorms NXT και το Arduino. Πιστεύοντας ότι η μάθηση και η πνευματική ανάπτυξη διευκολύνεται μέσω μαθησιακών περιβαλλόντων που δημιουργούν νέες εμπειρίες στους μαθητές θεωρούμε ότι η πληροφορική και η ρομποτική αποτελούν μια πλούσια πηγή τέτοιων συστατικών. Συνδυάζοντας και τα δύο περιβάλλοντα ρομποτικής δημιουργούμε ένα μαθησιακό περιβάλλον γεμάτο νέες γνώσεις και εμπειρίες για τους μαθητές.

Λέξεις κλειδιά: Ανακαλυπτική Μάθηση, Μέθοδος Project, Εκπαιδευτική Ρομποτική, LEGO Mindstorms NXT, Arduino, Bluetooth, Processing.

1.Εισαγωγή

Αποτελεί πλέον κοινή θέση ότι τα παιδιά μαθαίνουν συνδυάζοντας την πράξη και τη δημιουργική σκέψη (Papert, 1970). Επομένως, εκπαιδευτική καινοτομία είναι η δημιουργία των συνθηκών που θα επιτρέψουν στους μαθητές να εκδηλώσουν την δημιουργική τους σκέψη και να την υλοποιήσουν κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Η Πληροφορική, ως επιστήμη, αλλά και η Ρομποτική αποτελούν με διαφορά την πλουσιότερη πηγή αυτών των συστατικών.

Η Ρομποτική αν και διδάσκεται αρκετά χρόνια σε επίπεδο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης με πολύ οργανωμένο και συνεχώς ανανεούμενο πρόγραμμα σπουδών, αντίθετα στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση η διδασκαλία της έχει εισαχθεί σχετικά πρόσφατα (Menegatti & Moro, 2010). Οι λόγοι που οδήγησαν στην ευρεία αποδοχή της Ρομποτικής ως διδακτικό μέσο είναι μεταξύ των άλλων (Menegatti & Moro, 2010) (Mataric, 2004) (α) το γεγονός πως οι ρομποτικές εφαρμογές αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής ζωής, άρα οι μαθητές ενδιαφέρονται γι' αυτές, (β) οι πλατφόρμες εκπαιδευτικής ρομποτικής έχουν αξιόλογες δυνατότητες

προσομοίωσης πραγματικών ρομποτικών κατασκευών, και (γ) είναι εφικτή η σχεδίαση και υλοποίηση ρομποτικών κατασκευών σε σύντομο χρονικό διάστημα και με μικρό σχετικά κόστος.

Όμως, η επιτυχής εισαγωγή μιας εκπαιδευτικής καινοτομίας δεν είναι αποτέλεσμα μόνο της πρόσβασης σε νέες τεχνολογίες. Το εκπαιδευτικό περιβάλλον υπό την επίδραση του οποίου ο μαθητής μαθαίνει, περιλαμβάνει τους εκπαιδευτικούς, την υλικοτεχνική υποδομή όσο και το σύνολο των μαθητών (EAITY, 2008). Στο πλαίσιο της εργασίας αυτής επιχειρήσαμε να οργανώσουμε τα τρία αυτά στοιχεία κατά τρόπο που να ευνοήσει τις διερευνητικές προσπάθειες των μαθητών, περιορίζοντας την καθοδήγηση στο ελάχιστο, ώστε να διευκολυνθεί η ανακαλυπτική μάθηση.

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Ανακαλυπτική Μάθηση

Ψυχολόγοι και παιδαγωγοί όπως ο J. Piaget, ο S. Papert, αλλά και οι Dewey, Freynet και Freire, υποστηρίζουν πως η μάθηση, ιδιαίτερα σήμερα, δεν μπορεί να στηρίζεται ή να περιορίζεται στην συλλογή πληροφοριών και στην μεταφορά ιδεών και αξιών από τον δάσκαλο στο μαθητή. Αντίθετα, η μάθηση θα πρέπει να επέρχεται μέσα από την ανταλλαγή ιδεών, τον πειραματισμό, την αλληλεπίδραση με τον περιβάλλοντα κόσμο, τη συλλογή εμπειριών και την ιδιαίτερη-προσωπική επεξεργασία τους από το άτομο. Όταν εργαζόμαστε με ανομοιογενείς ομάδες μαθητών, όπου τα προσωπικά χαρακτηριστικά και οι δεξιότητες των παιδιών διαφέρουν ή είναι ανεπτυγμένες σε διαφορετικό βαθμό, τότε αν επιχειρηθεί μια αυστηρά προγραμματισμένη, με παραδοσιακό τρόπο μεταφορά γνώσεων προς τους μαθητές, είναι σχεδόν βέβαιο πως θα αποτύχει. Τα στοιχεία που απαιτούνται είναι για μια επιτυχημένη μεταφορά γνώσεων είναι η αυτορρύθμιση και η διαπραγμάτευση.

Σύμφωνα με τον S. Papert, ισχυρό εργαλείο μάθησης αποτελεί η ενεργός εμπλοκή του μαθητή στη διερεύνηση του προβλήματος (Ackermann, 2001). Όταν οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με κάτι νέο για το οποίο οι μέχρι τώρα εμπειρίες και γνώσεις τους είναι ανεπαρκείς, τότε αυτή η αίσθηση του αποπροσανατολισμού, του άγνωστου, αποτελεί ένα κρίσιμο κομμάτι της μαθησιακής διαδικασίας (crucial part of learning). Αν οι μαθητές ενσωματωθούν σε αυτή την άγνωστη κατάσταση, νοιώσουν ότι αποτελούν μέρος αυτού του νέου κόσμου, με άλλα λόγια “παθιαστούν” για αυτό που έχουν να αντιμετωπίσουν, τότε είναι βέβαιο πως ήδη είναι ανοιχτοί στην συλλογή εμπειριών, στην ταξινόμηση και επεξεργασία τους. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να φτάσουν στην γνώση. Είναι σημαντικό, σύμφωνα με τον S. Papert, ο μαθητής να θέσει την ενσυναίσθηση στην υπηρεσία της νοημοσύνης (Ackermann, 2001).

Το σχολείο σήμερα, ακόμη κι όταν προσπαθεί να εφαρμόσει στην πράξη τις ιδέες του Piaget, του Papert ή ακόμη και του Vygotsky, μετατρέπει την ανακαλυπτική μάθηση σε καθοδηγούμενη ανακάλυψη. Ο εκπαιδευτικός συνήθως βοηθά ή και καθοδηγεί τους μαθητές να ανακαλύψουν τη γνώση μέσα από ανακαλυπτικές διαδικασίες (πείραμα, δοκιμή, επαλήθευση, διάψευση) (ΕΑΠΤΥ, 2008). Επιχειρεί να δημιουργεί καταστάσεις που θα οδηγήσουν τους μαθητές στην “ανακάλυψη” αυτού που πρέπει να ανακαλύψουν. Η πρακτική αυτή της καθοδηγούμενης ανακάλυψης, η οποία μπορεί να στηρίζεται στη χρήση εργαλείων Πληροφορικής και ΤΠΕ, αν και έχει αποδειχτεί αποτελεσματική στα πλαίσια συγκεκριμένων μαθημάτων ή γνωστικών αντικειμένων, εντούτοις δεν προσκαλεί τους μαθητές σε μια συναρπαστική πνευματική περιπέτεια (Papert, 2000). Με τον τρόπο αυτό η έννοια της εφευρετικότητας και της πραγματικής ανακάλυψης χάνεται.

2.2 Μέθοδος Project

Η Μέθοδος Project είναι μια σύνθετη μορφή διδασκαλίας η οποία βασίζεται στην έρευνα. Τα στάδια της μεθοδολογίας project είναι (Κόπτης, 2009) (α) πρωτοβουλία-πρόταση, (β) ανταλλαγή απόψεων, (γ) διαμόρφωση πλαισίου δράσης από τα παιδιά, (δ) υλοποίηση προγράμματος, (ε) παρουσίαση.

Οι βασικές αρχές της παιδαγωγικής επιστήμης που βρίσκουν εφαρμογή στη Μέθοδο Project είναι: (α) Παιδοκεντρικότητα: Ο ρόλος του μαθητή είναι κεντρικός σε όλα τα στάδια της μεθόδου, ενώ ο εκπαιδευτικός γίνεται σύμβουλος και καθοδηγητής όταν διαπιστώνει ότι οι μαθητές αδυνατούν να ανταποκριθούν. (β) Αυτενέργεια: Ενεργοποιεί τις εσωτερικές δυνάμεις του μαθητή, και είναι πρωτίστως η αυτενεργός σκέψη. (γ) Εποπτεία: Ο συνδυασμός των αντιλήψεων που προέρχονται από το σύνολο των αισθήσεων παράγει μια ενιαία αναπαράσταση ενός αντικειμένου και συμβάλλει αποτελεσματικά στη μάθηση. Όταν η συγκέντρωση του εποπτικού υλικού γίνεται από τους μαθητές, τότε ανταποκρίνεται περισσότερο στα ενδιαφέροντα και τις επιδιώξεις τους. (δ) Εργασία κατά ομάδες: Η συνεργατικότητα βοηθά στην ανάπτυξη των ανώτερων πνευματικών λειτουργιών αλλά και ενισχύει συναισθηματικά τα παιδιά. (ε) Σύνδεση του σχολείου με τη ζωή: Η παροχή γνώσεων παύει να είναι ο μοναδικός σκοπός του και το σχολείο γίνεται προπαρασκευαστικό της ζωής. Η ίδια η ζωή (γεγονότα, φαινόμενα, πρόσωπα) μεταφέρεται στους χώρους του σχολείου. (στ) Διαθεματικότητα: Είναι σημαντικό το παιδί να μαθαίνει συνολικά χωρίς να νομίζει ότι τα διάφορα γνωστικά αντικείμενα, όπως αντιπροσωπεύονται από τα διάφορα μαθήματα, δε σχετίζονται μεταξύ τους. (ζ) Καλλιέργεια διαπροσωπικών σχέσεων.

2.3 Εκπαιδευτική Ρομποτική

Η πνευματική ανάπτυξη των μαθητών στηρίζεται στις εμπειρίες τους. Επομένως, θα πρέπει ο δάσκαλος να είναι σε θέση να δημιουργεί το περιβάλλον που θα εμπλέξει

τους μαθητές σε νέες εμπειρίες, στον μέγιστο δυνατό βαθμό. Η εκπαιδευτική ρομποτική είναι σε θέση να δημιουργήσει τέτοια περιβάλλοντα, ίσως περισσότερο από κάθε άλλη επιστήμη. Η χρονική διάρκεια ενός project ρομποτικής είναι αρκετά μεγάλη, έτσι ώστε οι μαθητές να δοκιμάσουν διάφορες ιδέες, να αποκτήσουν την βεβαιότητα ότι ένα κομμάτι της τελικής λύσης οφείλεται σε αυτούς, να συγκρίνουν την εργασία τους με αυτή των συμμαθητών τους, να αξιολογήσουν και να αξιολογηθούν σε μια βάση διαφορετική από το “σωστό-λάθος”.

Η γνωστότερη ίσως πλατφόρμα εκπαιδευτικής ρομποτικής είναι το πακέτο Lego Mindstorms NXT. Η δυνατότητα του οπτικού προγραμματισμού που παρέχει, απλοποιεί την διαδικασία του προγραμματισμού και της μεταγλώττισης, επομένως αποτελεί ένα καλό εισαγωγικό εργαλείο για τους μαθητές και μπορεί να κινήσει το ενδιαφέρον τους για την Ρομποτική. Ως πιθανά μειονεκτήματα θα μπορούσαν να αναφερθούν (α) το μεγάλο σχετικά κόστος, το οποίο πολλαπλασιάζεται καθώς απαιτείται ένα πακέτο ανά 3-4 μαθητές προκειμένου να μπορούν όλοι να συμμετέχουν στην συναρμολόγηση και τον προγραμματισμό, και (β) η απόκρυψη πολλών τεχνικών λεπτομερειών, διότι αποκρύπτει από τους μαθητές την αληθινή αίσθηση του “φτιάχνω ένα ρομπότ”, ιδίως όταν το ζητούμενο είναι προχωρημένες κατασκευές.

Ως εργαλείο εκπαιδευτικής ρομποτικής μπορεί να θεωρηθεί και το Arduino. Γνωστό κυρίως για το hardware, το Arduino συνοδεύεται από δικό του προγραμματιστικό περιβάλλον, και χρησιμοποιείται από μια τεράστια κοινότητα ανθρώπων σε όλο τον κόσμο για κατασκευή αυτόματων ή/και ρομποτικών συστημάτων (Margolis, 2012). Η χρήση του Arduino από μαθητές είναι σαφώς εφικτή, ακόμη κι αν πρόκειται για μαθητές χωρίς προηγούμενες γνώσεις ηλεκτρονικής και προγραμματισμού. Το Arduino αποτελεί κατά τη γνώμη μας το ιδανικό μέσο για να αντιληφθούν οι μαθητές την πρακτική χρησιμότητα των γνώσεων που αποκτούν στο σχολείο. Παρέχει την τεχνολογία πάνω στην οποία μπορούν να χτιστούν ακόμη κι εφαρμογές καλλιτεχνικού χαρακτήρα (Margolis, 2012). Αποδεικνύει την αναγκαιότητα της τεχνολογίας στον σημερινό κόσμο, αλλά δεν εγκλωβίζει σε αυτήν, καθώς απελευθερώνει τη δημιουργικότητα και τη φαντασία των μαθητών.

Το περιβάλλον προγραμματισμού Processing δημιουργήθηκε για να παρέχει μια πλούσια σε χαρακτηριστικά γλώσσα προγραμματισμού, η οποία να υποστηρίζει την δημιουργία γραφικών πραγματικού χρόνου (Reas, Fry, 2007). Συνδέεται εύκολα με το περιβάλλον Arduino, διότι το software του Arduino βασίζεται σε αυτό της Processing. Υπάρχουν βιβλιοθήκες που υποστηρίζουν την επικοινωνία των δύο περιβαλλόντων και που κάνουν εφικτή την αμφίδρομη επικοινωνία ενός ρομποτικού ή αυτόματου συστήματος και μιας εφαρμογής Processing. Πιστεύουμε ότι έχει εξαιρετικό ενδιαφέρον για τους μαθητές να δουν την διασύνδεση αυτή, καθώς οδηγεί σε

εφαρμογές γραφικών πραγματικού χρόνου διαφορετικές από αυτές που γνωρίζουν (π.χ. βιντεοπαιχνίδια).

3. Οργάνωση του Project

3.1 Στόχοι

Θεωρήσαμε πως η υλοποίηση ενός ερευνητικού project από τους μαθητές μας, θα τους έδινε τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες που είχαν αποκτήσει στη διάρκεια της σχολικής τους ζωής αλλά και λόγω των γενικότερων ενδιαφερόντων τους. Εκτός από τις νέες γνώσεις, τις οποίες αναμφίβολα θα αποκτούσαν, αποσκοπούσαμε στο να μπορέσουν να διακρίνουν πόση σημασία έχει η μάθηση ως διαδικασία κι όχι αποκλειστικά ως αποτέλεσμα.

Οργανώσαμε το project γύρω από μια κεντρική πρόκληση-πρόβλημα: την κατασκευή μιας Γραμμής Παραγωγής και την παρακολούθησή της μέσω ενός Κέντρου Ελέγχου. Ο μόνος περιορισμός που τέθηκε ήταν η ασύρματη επικοινωνία της Γραμμής Παραγωγής και του Κέντρου Ελέγχου μέσω πρωτοκόλλου Bluetooth. Η διατύπωση του προβλήματος δεν ήταν σαφής, ούτε χαρακτηρίστηκε από επάρκεια πληροφοριών. Το εντάξαμε στην κατηγορία των *ασαφώς διατυπωμένων προβλημάτων* (EAITY, 2008) με σκοπό να ενεργοποιήσουμε ευριστικές προσεγγίσεις από την πλευρά των μαθητών μας, να τους παρακινήσουμε να το αντιμετωπίσουν με μια δόση εφευρετικότητας.

Οι αρχικοί στόχοι που θέσαμε ήταν οι εξής:

- Βελτίωση των δεξιοτήτων σχεδίασης και υλοποίησης μηχανικών κατασκευών (με χρήση προϊόντων Lego και Lego Mindstorms NXT).
- Βελτίωση των δεξιοτήτων σχεδίασης και υλοποίησης ηλεκτρονικών κατασκευών (με χρήση της πλακέτας Arduino Uno).
- Εφαρμογή των αρχών του δομημένου προγραμματισμού στη σχεδίαση και υλοποίηση επιμέρους προγραμμάτων για την λειτουργία των μερών του συστήματος και στη διασύνδεση των προγραμμάτων αυτών για την επίτευξη της συνολικής λύσης.
- Εισαγωγή στις βασικές έννοιες ασύρματων επικοινωνιών και ιδιαίτερα του πρωτοκόλλου bluetooth.
- Εφαρμογή προϋπαρχουσών γνώσεων από διάφορα γνωστικά αντικείμενα (π.χ. Φυσική, Πληροφορική, Γεωμετρία).

- Ανάπτυξη κριτικής ικανότητας ώστε να αξιολογούνται προτεινόμενες λύσεις και να στοιχειοθετείται η αποδοχή ή η απόρριψή τους.
- Συνεργατική οργάνωση ενός έργου, μέσω της διάσπασής του σε υπο-έργα.
- Σύνθεση μιας πολύπλοκης λύσης μέσω της θέσπισης και τήρησης αυστηρών κανόνων επικοινωνίας (interfaces) των επιμέρους υποσυστημάτων.

Από την πλευρά μας, τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα έκλιναν κυρίως προς την πλευρά της Πληροφορικής και ιδίως του δομημένου προγραμματισμού. Αναμέναμε ότι οι μαθητές μας, αφού θα ολοκλήρωναν την ενασχόλησή τους με τα επιμέρους τμήματα και τη διασύνδεσή τους σε ένα ενιαίο σύστημα, θα είχαν αποκτήσει εμπειρία στον προγραμματισμό. Αποτέλεσε όμως ευχάριστη έκπληξη για μας το πλήθος (α) των γνώσεων που αν και τις κατείχαν ήδη οι μαθητές θεωρητικά (πχ παράλληλη και σειριακή σύνδεση αντιστάσεων, κλπ), εντούτοις δεν ήταν σε θέση να τις ανακαλέσουν άμεσα για να λύσουν τα προβλήματα που αντιμετώπιζαν και που τελικά τις είδαν να επιβεβαιώνονται πρακτικά, (β) των γνώσεων που, αν και μη-αναμενόμενες, προέκυψαν όμως ως νέα γνώση μέσα από τις τεχνικές δυσκολίες που αντιμετώπισαν οι μαθητές (π.χ. χρήση δυαδικού συστήματος για κωδικοποίηση πληροφοριών, ψηφιακή σχεδίαση ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, κλπ).

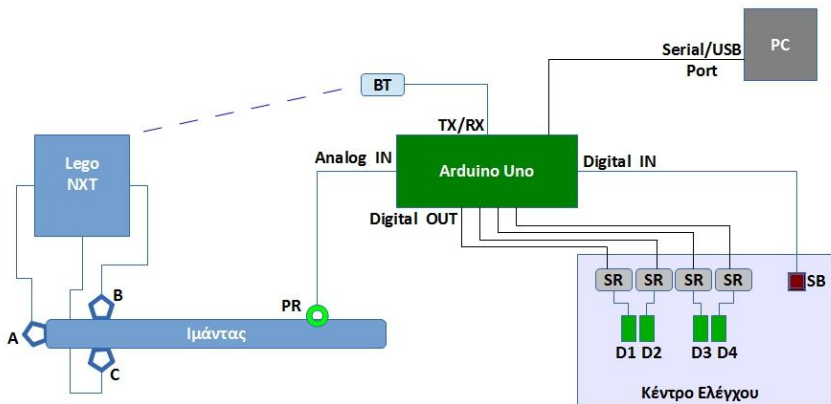
3.2 Περιγραφή Κατασκευής

Ο σχεδιασμός και τα χαρακτηριστικά του υπό κατασκευή συστήματος συζητήθηκαν και καθορίστηκαν στις αρχικές συναντήσεις (brainstorming) ολόκληρης της ομάδας εργασίας. Η ασαφής διατύπωση του προβλήματος, επέτρεπε στους μαθητές την κατάθεση-παρουσίαση ποικίλων ιδεών και προτάσεων, αλλά και την διατύπωση προβληματισμών. Η πρόβλεψη των δυσκολιών και η απόρριψη, βάσει αυτών, κάποιων ιδεών και προτάσεων ήταν επίσης μια γόνιμη διαδικασία στην οποία συνέβαλλαν όλοι οι μαθητές. Παρατηρήσαμε πως οι δυσκολίες τις οποίες ήταν σε θέση να προβλέψουν οι μαθητές είχαν άμεση σχέση με τις προϋπάρχουσες γνώσεις και δεξιότητές τους. Η ανομοιογένεια της ομάδας στο θέμα αυτό οδήγησε σε πολύ ενδιαφέρουσες συζητήσεις, καθώς οι μαθητές προσπαθούσαν να περιγράψουν στην ομάδα την δική τους οπτική και να αιτιολογήσουν τους προβληματισμούς τους.

Με κριτήριο την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, το συνολικό σύστημα διακρίνεται σε τρία μέρη: (α) η Γραμμή Παραγωγής, η οποία κατασκευάστηκε με χρήση Lego και Lego Mindstorms NXT, (β) το Κέντρο Ελέγχου, το οποίο κατασκευάστηκε με χρήση Arduino Uno και συμπληρωματικών ηλεκτρονικών στοιχείων, (γ) η οπτική απεικόνιση της όλης λειτουργίας στον υπολογιστή, που υλοποιήθηκε σε Processing.

Σε δύο “αποθήκες” υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι προϊόντων οι οποίοι προσομοιάζονται με μπάλες διαφορετικού χρώματος. Δύο μηχανισμοί προωθούν τα

προϊόντα στον μάντα μεταφοράς εναλλάξ. Κάθε φορά που ένα από τα δύο προϊόντα τοποθετείται στην γραμμή παραγωγής, ενημερώνεται (μέσω bluetooth) ο μηχανισμός ελέγχου ροής και αναλαμβάνει να παρακολουθήσει (με την βοήθεια μιας φωτοαντίστασης) την επιτυχημένη άφιξη του προϊόντος στο τέλος της γραμμής. Αν για κάποιο λόγο δεν φτάσει το προϊόν στο τέλος της γραμμής μεταφοράς ενημερώνεται (μέσω bluetooth) ο αντίστοιχος μηχανισμός προώθησης προϊόντων για να τοποθετήσει στον μάντα ένα προϊόν του ίδιου τύπου με αυτό που δεν έφτασε στο τέλος.



A	Motor A	Κινητήρας που ελέγχει την κίνηση του μάντα.
B	Motor B	Κινητήρας που ελέγχει την τοποθέτηση μπλε προϊόντος.
C	Motor C	Κινητήρας που ελέγχει την τοποθέτηση κόκκινου προϊόντος.
PR	Photo-Resistor	Αναγνωρίζει το πέρασμα αντικειμένου, συνδέεται σε αναλογικό input pin.
SR	Shift-Register	Ολοκληρωμένο κύκλωμα, ολισθαίνει την σειριακή είσοδο (1 pin) σε ταυτόχρονη έξοδο 8 bits. Συνδέονται σε ψηφιακά output pins.
D1-D4	7-Segment Displays	Αριθμητικές οθόνες για την εμφάνιση μετρητών. D1-D2 πλήθος μπλε και D3-D4 πλήθος κόκκινων προϊόντων.
SB	Button	Stop button. Αν πατηθεί παύει η λειτουργία του συστήματος. Συνδέεται σε ψηφιακό input pin.
BT	Bluetooth Module	Περλαμβάνει κεραία. Συνδέεται σε 2 ψηφιακά input/output pins για μετάδοση και λήψη.
PC	Υπολογιστής	Οπτικοποιεί τα δεδομένα σε περιβάλλον Processing.

Εικόνα 1. Διάγραμμα Κατασκευής

Κάθε επιτυχημένη μεταφορά προϊόντος αυξάνει τον αντίστοιχο μετρητή, ο οποίος εμφανίζεται σε φωτεινές αριθμητικές οθόνες. Παράλληλα, παρακολουθείται ο ρυθμός αποτυχημένων μεταφορών. Αν ο ρυθμός αυτός αυξηθεί πάνω από το επιτρεπτό όριο, ο χειριστής του συστήματος ειδοποιείται ώστε προαιρετικά να σταματήσει την

λειτουργία του μίαντα. Ο χειριστής ειδοποιείται με την βοήθεια 2 φωτεινών leds, ένα για κάθε είδος προϊόντος, τα οποία αναβοσβήνουν σε περίπτωση προβλήματος.

Ταυτόχρονα, η όλη διαδικασία καταγράφεται στον υπολογιστή, όπου πρόγραμμα σε Processing τροφοδοτείται από τα δεδομένα που συλλέγει το Arduino. Έτσι είναι δυνατή η γραφική αναπαράσταση της απόδοσης σε πραγματικό χρόνο.

3.3 Προφίλ Μαθητών - Οργάνωση σε Ομάδες - Επικοινωνία Ομάδων

Οι μαθητές που συμμετείχαν σε αυτή την ερευνητική προσπάθεια προέρχονταν από το 4^ο Γενικό Λύκειο Βύρωνα και φοιτούσαν στην Α' και Β' Λυκείου κατά το σχολικό έτος 2012-2013. Οι μαθητές ασχολήθηκαν με την κατασκευή αυτή εκτός ωρών λειτουργίας του σχολείου, ενώ δεν υπήρξε καμία διαδικασία επιλογής τους από τους εκπαιδευτικούς που επέβλεπαν την όλη διαδικασία.

Οι μαθητές της Β' Λυκείου (α) είχαν αρκετά καλές γνώσεις προγραμματισμού και μάλιστα της γλώσσας προγραμματισμού Processing, (β) ορισμένοι από αυτούς είχαν ασχοληθεί με τον προγραμματισμό του μικροεπεξεργαστή Arduino. Όλα αυτά στο πλαίσιο σχολικών δραστηριοτήτων προηγούμενων ετών. Οι μαθητές της Α' Λυκείου ήταν εξοικειωμένοι στη χρήση των δομικών υλικών LEGO καθώς και στον προγραμματισμό του Lego Mindstorms NXT. Ας σημειωθεί, ωστόσο, πως η πλειοψηφία των μαθητών αυτών της Α' Λυκείου θα ακολουθήσει Θεωρητική Κατεύθυνση στην Β' τάξη.

Σκοπός μας ήταν να χρησιμοποιήσουμε το γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών με τον καλύτερο δυνατό τρόπο ώστε να δημιουργηθούν τρεις επιμέρους ομάδες που θα μπορούσαν να εργαστούν ανεξάρτητα. Το πρωτόκολλο που θεσπίστηκε για να υλοποιήσει την επικοινωνία (interfaces), των τριών τμημάτων της κατασκευής, ουσιαστικά καθόρισε την επικοινωνία των ομάδων εργασίας. Αυτό σήμαινε πως τα μέλη κάθε ομάδας δεν χρειάζονταν λεπτομερή ενημέρωση για τα τεχνικά ζητήματα των άλλων ομάδων. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας, όμως, ήταν κάτι που έπρεπε να τηρηθεί αυστηρά από όλους κι αν κάποια ομάδα επιθυμούσε να αλλάξει κάτι σε αυτό, τότε συγκαλούνταν η ολομέλεια για να συζητήσει. Θεωρήσαμε πως ο τρόπος αυτός έδωσε στους μαθητές μας μια πρώτη εμπειρία του πως υλοποιούνται σύνθετες κατασκευές στον πραγματικό κόσμο. Τέτοια παραδείγματα μπορεί κανείς να δει στην αυτοκινητοβιομηχανία, στην βιομηχανία κατασκευής αεροσκαφών και αλλού.

4. Υλοποίηση του Project

4.1 Ομάδα Lego

Για όλη την κατασκευή της γραμμής μεταφοράς χρησιμοποιήθηκαν τα δομικά υλικά Lego καθώς κι ένα Lego Mindstorms NXT. Ο μάντας κατασκευάστηκε από μια ερπύστρια, η συνεχής περιστροφή της οποίας προκαλείται από κατάλληλα συνδυασμένα γρανάζια κι ελέγχεται από έναν κινητήρα συνδεδεμένο στο NXT. Σε δύο χώρους, αριστερά και δεξιά του μάντα, αποθηκεύονται οι μπάλες, οι οποίες μέσα από κατάλληλα κατασκευασμένα ανοίγματα σπρώχνονται στον μάντα. Η κίνηση αυτή προκαλείται από δύο κινητήρες συνδεδεμένους στο NXT και ελέγχεται από τη σηματοδότηση που δέχεται το NXT από το Κέντρο Ελέγχου (Arduino + Bluetooth).

Οι μαθητές αφιέρωσαν πολλές από τις συναντήσεις τους στην μελέτη του μηχανισμού τοποθέτησης μίας μπάλας κάθε φορά στον μάντα. Χρησιμοποίησαν γνώσεις από τη Φυσική και τη Γεωμετρία για να υπολογίσουν τη γωνία περιστροφής του βραχίονα καθώς και την δύναμη με την οποία θα έπρεπε να ωθείται η μπάλα προς τον μάντα.

Η επικοινωνία του NXT μέσω bluetooth με το Arduino τους εισήγαγε στην φιλοσοφία του event-driven programming. Εξοικειώθηκαν με την δομή ενός προγράμματος το οποίο δεν εκτελείται σειριακά, αλλά αποτελείται από τμήματα τα οποία ενεργοποιούνται αν συμβεί ένα γεγονός.

Η “Ομάδα Lego” αν και στην πλειοψηφία της αποτελούνταν από μαθητές που θα ακολουθήσουν Θεωρητική Κατεύθυνση στις επόμενες τάξεις, εκμεταλλεύτηκε πλήρως το πολύ σημαντικό πλεονέκτημα της εκπαιδευτικής ρομποτικής με κατασκευές Lego: ο μαθητής πείθεται για την ορθότητα και τη χρησιμότητα των γνώσεων που προσφέρει το σχολείο διότι τις εφαρμόζει ο ίδιος κι ενθουσιάζεται με το αποτέλεσμα.

4.2 Ομάδα Arduino

Η “Ομάδα Arduino” προσέγγισε το δικό της κατασκευαστικό μέρος τμηματικά. Πειραματίστηκε με την φωτοαντίσταση, την παρακολούθηση τιμών μέσω του Serial Monitor του Arduino, τον τρόπο λειτουργίας των 7-segment Displays (φωτεινές αριθμητικές οθόνες), τον τρόπο παραγωγής των bit εξόδου από τους Shift Registers, την δημιουργία σύνδεσης Bluetooth με άλλη συσκευή, κλπ. Η χρήση και η συνδεσμολογία ηλεκτρονικών στοιχείων, οδήγησε τους μαθητές στην ανάκληση και εφαρμογή γνώσεων Φυσικής με αποτέλεσμα την εμπάθυνση και την πιστοποίηση της πρακτικής χρησιμότητας όσων γνώριζαν μέχρι τώρα ως θεωρία.

Στο κομμάτι του προγραμματισμού, η ομάδα υιοθέτησε την τεχνική του τμηματικού προγραμματισμού, γεγονός που έφερε τους μαθητές αντιμέτωπους με προχωρημένες προγραμματιστικές έννοιες, όπως το πέρασμα τιμών με τιμή και με αναφορά, η χρήση δεικτών, η συσχέτιση δισδιάστατων πινάκων με δείκτες κλπ.

Η “Ομάδα Arduino” αποκόμισε πληθώρα νέων γνώσεων, οι οποίες προήλθαν μέσα από γόνιμο προβληματισμό και συχνά αδιέξοδα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η χρήση του δυαδικού συστήματος για κωδικοποίηση πληροφοριών, οι βασικές αρχές ψηφιακής σχεδίασης ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, τα κυκλώματα μνήμης flip-flop, κ.α. Προϋπάρχουσες παρανοήσεις των μαθητών, ιδίως όσον αφορά την λειτουργία και την χρήση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, αντικαταστάθηκαν από επιστημονικά τεκμηριωμένα στοιχεία. Ο δικός μας ρόλος λειτούργησε υποστηρικτικά σε αυτά τα αδιέξοδα. Διατυπώναμε με σαφήνεια το πρόβλημα, καθώς οι περιγραφές των μαθητών ήταν συχνά ασαφείς, τους παροτρύνουμε να αναζητήσουν συμβουλές στα διάφορα forums, βοηθούσαμε στην οργάνωση των πληροφοριών και στην διατύπωση συμπερασμάτων. Η επιβεβαίωση των συμπερασμάτων, μέσω της άμεσης εφαρμογής τους, ήταν έργο των μαθητών.

4.3 Ομάδα Processing

Η “Ομάδα Processing” είχε τα λιγότερα μέλη, καθώς είχε να επιτελέσει καθαρά προγραμματιστική εργασία μικρότερης έκτασης από τα υπόλοιπα κομμάτια. Το αντικείμενο εδώ ήταν η αναζήτηση και υλοποίηση τρόπων γραφικής αναπαράστασης της απόδοσης μιας γραμμής παραγωγής. Η παροχή των δεδομένων γίνεται σε πραγματικό χρόνο από το Arduino μέσω σειριακής σύνδεσης και η γραφική απεικόνιση πρέπει επίσης να ενημερώνεται σε πραγματικό χρόνο. Οι μαθητές υλοποίησαν διάφορες ιδέες (π.χ. γραφήματα στηλών, συνεχείς καμπύλες, κουκκίδες με αυξομειούμενη πυκνότητα, κλπ.) και στάθμισαν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους. Παρατηρήσαμε πως όσο η επίλυση των δυσκολιών οδηγούσε σε ποιοτικότερα αποτελέσματα (καλύτερα γραφικά), τόσο ευκολότερο ήταν να πειστούν οι μαθητές να δοκιμάσουν διαφορετικές προγραμματιστικές τεχνικές, τις οποίες προτείναμε εμείς αποσκοπώντας να τους φέρουμε μπροστά σε καινούργιες γνώσεις.

5. Συμπεράσματα

Θεωρώντας ότι η Εκπαιδευτική Ρομποτική μπορεί να δημιουργήσει το κατάλληλο περιβάλλον μέσα στο οποίο ο μαθητής να αξιοποιήσει τις γνώσεις που έχει αποκομίσει από το σχολείο αλλά και να ανακαλύψει νέα γνώση μέσα από τον πειραματισμό και την αλληλεπίδραση, οργανώθηκε πειραματικό Project Ρομποτικής στο 4^ο Γενικό Λύκειο Βύρωνα κατά το σχολικό έτος 2012-2013 με μαθητές της Α' και Β' τάξης. Θέμα του project ήταν η κατασκευή μιας γραμμής παραγωγής και του

κέντρου ελέγχου της χρησιμοποιώντας (α) Lego Mindstorms NXT, (β) Arduino, (γ) Processing, και (δ) επικοινωνία Bluetooth. Οι μαθητές χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες αναλαμβάνοντας η κάθε μία από ένα ξεχωριστό τμήμα της κατασκευής και εργάστηκαν εκτός ωρών λειτουργίας του σχολείου. Με τον τρόπο αυτό έμαθαν στην πράξη πως ολοκληρώνεται μια σύνθετη κατασκευή στον πραγματικό κόσμο όπου οι κατασκευές χωρίζονται σε τμήματα τα οποία αναλαμβάνουν διαφορετικές ομάδες και στο τέλος γίνεται η σύνθεση. Προτείναμε στα παιδιά την ιδέα της κατασκευής κι αυτά μέσα από το διάλογο και στηριζόμενα στις γνώσεις, τις ικανότητες και τα ενδιαφέροντά τους ανέλαβαν την υλοποίηση.

Παρατηρήσαμε ότι στη διάρκεια υλοποίησης του project δόθηκε η δυνατότητα στους μαθητές να χρησιμοποιήσουν γνώσεις από άλλα μαθήματα (πχ Φυσική, Γεωμετρία), να γνωρίσουν σε βάθος τεχνολογίες που χρησιμοποιούν καθημερινά όπως το Bluetooth, αλλά και να εμπεδώσουν καλύτερα γνώσεις πληροφορικής που ήδη κατείχαν (π.χ. δυαδικό σύστημα αρίθμησης, γλώσσα προγραμματισμού Processing). Επίσης, αποκόμισαν νέες γνώσεις ιδίως στους τομείς της Φυσικής, της Ηλεκτρονικής και της Πληροφορικής κι έμαθαν πως μπορούν να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν πληροφορίες διαφορετικά πληροφοριακά συστήματα, στην περίπτωση μας το Lego Mindstorms NXT και το Arduino, μέσω κοινά αποδεκτών πρωτοκόλλων επικοινωνίας, στην περίπτωση μας το Bluetooth.

Πεισμένοι για τα θετικά αποτελέσματα της εφαρμογής της ρομποτικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, σχεδιάζουμε την υλοποίηση νέων project ρομποτικής και σε συνεργασία με εκπαιδευτικούς άλλων ειδικοτήτων, με σκοπό οι μαθητές να χρησιμοποιήσουν γνώσεις και από άλλα γνωστικά αντικείμενα. Επίσης, σκοπός μας είναι η δημιουργία ιστότοπου με αναλυτικά στοιχεία για τα projects αυτά, τα σχέδια των ρομποτικών κατασκευών μας και αναφορές στα πεδία γνώσεων που θα χρειαστούν οι μαθητές για την ολοκλήρωσή τους.

Αναφορές

Ackermann, E. (2001). *Piaget's constructivism, Papert's constructionism: What's the difference?* Future of learning group publication.

Reas, C., Fry, B. (2007). *Processing, a Programming Handbook for Visual Designers and Artists*. MIT Press.

Menegatti, E., & Moro, M. (2010, November). Educational Robotics from high-school to Master of Science. In *Workshop Proceedings of Intl. Conf. on Simulation, Modeling and Programming for Autonomous Robots (SIMPAN 2010)* (pp. 639-648).

Margolis, M. (2012). *Arduino Cookbook*. O'Reilly Media.

Matarić, M. J. (2004). Robotics Education for All Ages. *AAAI Spring Symposium on Accessible, Hands-on AI and Robotics Education*. Palo Alto CA.

Papert, S. (1970). Teaching Children Thinking, IFIPS. *World Conference on Computer Education*. Amsterdam.

Papert, S. (2000). What's the big idea? *IBM SYSTEMS JOURNAL*.

ΕΑΙΤΥ Τομέας Επιμόρφωσης και Κατάρτισης. (2008). *Επιμορφωτικό υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στα Κέντρα Στήριξης Επιμόρφωσης*. Πάτρα.

Κόπτσης, Α. (2009). Οι βασικές αρχές της σύγχρονης Διδακτικής και εφαρμογή τους στην μεθοδολογία Project. *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, τεύχος 15.

Abstract

Within this work we develop a robotics project using two of the most popular tools in educational robotics LEGO Mindstorms NXT and Arduino. Believing that learning and intellectual development is facilitated through learning environments that create new experiences for students we consider computer science and robotics as rich source of such components. Combining both robotics environments we create a learning environment filled with new knowledge and experiences for students

Keywords: Discovery Learning, Method of Project, Educational Robotics, LEGO Mindstorms NXT, Arduino, Bluetooth, Processing.