ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Open Schools Journal for Open Science

Τόμ. 3, Αρ. 6 (2020)

Ανανεώσιμη οθόνη Braille και εκπαιδευτική ρομποτική

Μιχαήλ-Ιάσων Γιαννακόπουλος, Ορφέας-Νικόλαος Ζαϊμάκης, Νικόλαος Δολαψάκης, Γεώργιος Χατζησάββας

doi: 10.12681/osj.24294

Copyright © 2020, Μιχαήλ-Ιάσων Γιαννακόπουλος, Ορφέας-Νικόλαος Ζαϊμάκης, Νικόλαος Δολαψάκης, Γεώργιος Χατζησάββας

Άδεια χρήσης Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

Βιβλιογραφική αναφορά:

Γιαννακόπουλος Μ.-Ι., Ζαϊμάκης Ο.-Ν., Δολαψάκης Ν., & Χατζησάββας Γ. (2020). Ανανεώσιμη οθόνη Braille και εκπαιδευτική ρομποτική. *Open Schools Journal for Open Science*, *3*(6). https://doi.org/10.12681/osj.24294

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 25/12/2025 23:26:50

Open Schools Journal
for Open Science

Ανανεώσιμη οθόνη Braille και εκπαιδευτική ρομποτική

Γιαννακόπουλος Μιχαήλ-Ιάσων[1], Ζαϊμάκης Ορφέας-Νικόλαος[1], Δολαψάκης Νικόλαος[1], Χατζησάββας Γεώργιος[2]

[1]Πειραματικό Γενικό Λύκειο Ηρακλείου, Ηράκλειο, Ελλάδα, [2]Καθηγητής Φυσικής, Πειραματικό Γενικό Λύκειο Ηρακλείου, Ηράκλειο, Ελλάδα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για την παραγωγή κειμένου σε Braille χρησιμοποιούνται πολλές τεχνικές. Μία από αυτές είναι και οι ηλεκτρονικές οθόνες Braille οι οποίες ονομάζονται και ανανεώσιμες οθόνες Braille επειδή ανυψώνουν μηχανικά, όπου χρειάζεται, πλαστικές ή μεταλλικές ακίδες για να διαμορφώσουν τους χαρακτήρες Braille. Οι ακίδες απέχουν η μια από την άλλη περίπου 2,5 mm ενώ πρέπει να ανυψώνονται λίγο περισσότερο από μισό χιλιοστό (~0,6 mm). Παρόλο που οι οθόνες αυτές είναι τυποποιημένες και ευρέως χρησιμοποιούμενες, ωστόσο είναι πολύ ακριβές. Το ερώτημα που τίθεται είναι κατά πόσο θα μπορούσαμε να κατασκευάσουμε μια ανανεώσιμη οθόνη Braille η οποία θα αναπαριστά τους χαρακτήρες Braille με τις πραγματικές διαστάσεις.

Στην εργασία αυτή κατασκευάσαμε μία μονο-κυτταρική οθόνη Braille η οποία επιτρέπει την εμφάνιση κειμένου σε κώδικα Braille σε πραγματικό χρόνο. Το κείμενο αποστέλλεται μέσω μίας εφαρμογής που κατασκευάστηκε για συσκευή τάμπλετ, με λειτουργικό android. Η οθόνη έγινε με την εκπαιδευτική πλατφόρμα Lego Mindstorms EV3 και διαθέτει ένα κύτταρο (6 ακίδες) των χαρακτήρων Braille. Ο χρήστης διαβάζει τον χαρακτήρα με τα δάχτυλά του και έπειτα μπορεί να ανανεώσει την οθόνη για να διαβάσει τον επόμενο χαρακτήρα πιέζοντας έναν αισθητήρα αφής. Η οθόνη αυτή θα μπορούσε να συνδυαστεί με οποιαδήποτε συσκευή με λειτουργικό android (τηλεόραση, τάμπλετ, κινητό) και να δείχνει το κείμενο που θα στέλνει η αντίστοιχη εφαρμογή (π.χ. ένα γραπτό μήνυμα του κινητού).

Open Schools Journal
for Open Science

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

εκπαιδευτική ρομποτική, ανανεώσιμη οθόνη Braille, κώδικας Braille

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

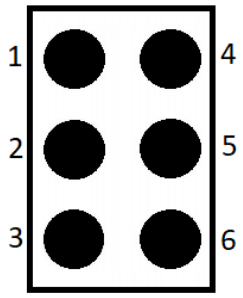
Οι απτικές οθόνες (tactile displays) είναι συσκευές οι οποίες εμφανίζουν πληροφορίες χρησιμοποιώντας την αίσθηση της αφής, σε αντίθεση με τις κοινές οθόνες που χρησιμοποιούν την όραση. Οι απτικές οθόνες αν και σχεδιάστηκαν κυρίως για άτομα με προβλήματα όρασης έχουν και άλλες εφαρμογές όπως στην εικονική πραγματικότητα καθώς και σε εξελιγμένα συστήματα πραγματικού χρόνου.

Η Braille, η μέθοδος ανάγνωσης και γραφής που επινοήθηκε από τον Louis Braille το 1840, προσδιορίζει τις σχέσεις μεταξύ ανάγλυφων κουκίδων και χαρακτήρων του αλφαβήτου. Κάθε διαμόρφωση των κουκίδων παράγει μια ιδιαίτερη αίσθηση στα άκρα των δακτύλων.

Η μέθοδος Braille αρχικά δημιουργήθηκε ως μια διεργασία που εκτυπώνει χαρακτήρες σε χαρτί. Οι ηλεκτρονικές οθόνες Braille, που ονομάζονται ανανεώσιμες (refreshable) οθόνες, αποτελούνται από μια επίπεδη διάτρητη πλάκα της οποίας οι οπές αντιστοιχούν στις κουκίδες του συστήματος Braille. Δέχονται είσοδο κειμένου και ανυψώνουν, όπου χρειάζεται, με πιεζοηλεκτρικό τρόπο πλαστικές ή μεταλλικές ακίδες οι οποίες εξέχουν από τις κατάλληλες οπές ώστε να σχηματίσουν τα γράμματα του αλφαβήτου Braille για το κείμενο εισόδου (Datamath Calculator Museum). Οι οθόνες αυτές έχουν μία ή περισσότερες γραμμές 20, 40 ή 80 κυττάρων Braille. Κάθε κύτταρο αναπαριστά έναν πίνακα 6 κουκίδων σε δύο στήλες των 3 κουκίδων η κάθε μία (Εικόνα 1). Οι διαστάσεις των κυττάρων καθώς και οι αποστάσεις των κουκίδων ποικίλουν όχι μόνο ανάλογα με τη χώρα (Tiresias) αλλά και ανάλογα με το εάν ο χρήστης απέκτησε το πρόβλημα όρασης σε μικρή ή μεγάλη ηλικία (Watanabe T., Kaga H.). Στην Εικόνα 2 βλέπουμε τις διαστάσεις που έχουν ορίσει στο Ηνωμένο Βασίλειο ως πρότυπο των κυττάρων Braille (UKAAF). Ο χρήστης διαβάζει τα γράμματα Braille με τα δάχτυλά του και αφού διαβάσει μία γραμμή, έπειτα μπορεί να ανανεώσει την οθόνη, πατώντας κάποιο πλήκτρο, για να διαβάσει την επόμενη

γραμμή. Παρόλο που οι οθόνες αυτές είναι τυποποιημένες και ευρέως χρησιμοποιούμενες,

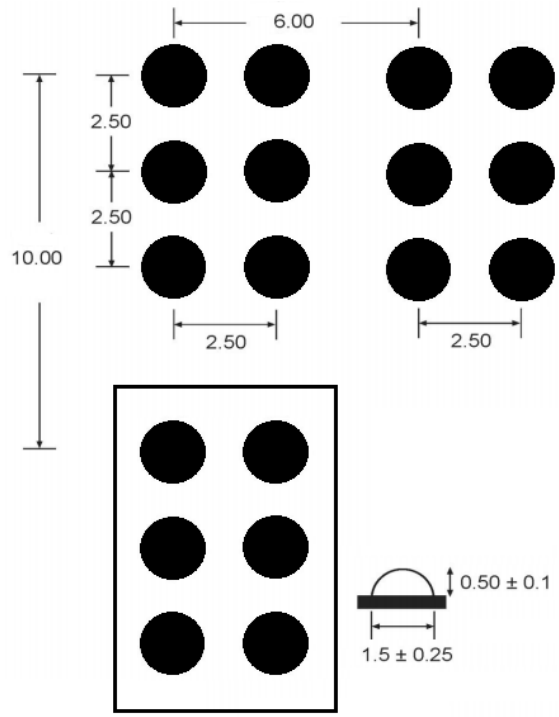
ωστόσο είναι πολύ ακριβές και δυσκίνητες (Ramstein, C.)



Εικόνα 1: Το κάθε κύτταρο αποτελείται από έξι κουκίδες.

Δυστυχώς, μόνο ένα μικρό ποσοστό των ατόμων με προβλήματα όρασης μπορεί να διαβάζει Braille. Αυτό οφείλεται στη διαθεσιμότητα που υπάρχει στην αγορά για φθηνά συστήματα σύνθεσης από κείμενο σε ήχο, καθώς επίσης και στη δυσκολία που έχουν οι χρήστες στην εκμάθηση Braille, σε συνδυασμό με το ακριβό κόστος των οθόνων Braille.

Κρίνεται, επομένως, σημαντικό να κατασκευαστούν νέες οθόνες Braille, οι οποίες να είναι φθηνές, εύκολες στην ανάγνωση και εύκολες στην αλληλεπίδραση τους με τις διεπαφές. Από την άλλη, η ρομποτική έχει ήδη εισαχθεί σε πολλά σχολεία, από δημοτικά μέχρι λύκεια. Το ερώτημα είναι εάν θα μπορούσαμε να κατασκευάσουμε μια ανανεώσιμη οθόνη Braille αξιοποιώντας το υπάρχον υλικό εκπαιδευτικής ρομποτικής που διαθέτουμε.



Εικόνα 2: Τρία κύτταρα Braille με τις τυπικές διαστάσεις που έχουν στο Ηνωμένο Βασίλειο. Όλες οι αποστάσεις είναι σε χιλιοστά (UKAAF).

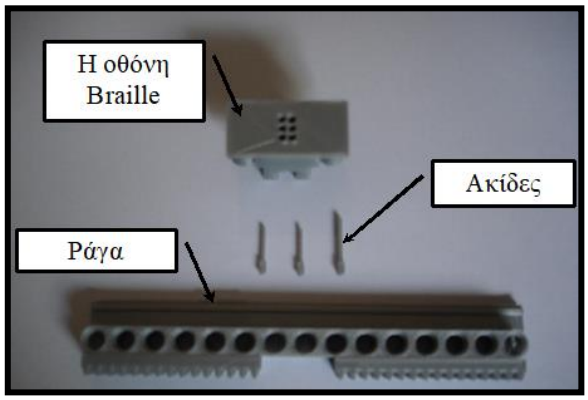
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στόχος της εργασίας αυτής ήταν να κατασκευάσουμε μια μονοκυτταρική οθόνη Braille με την εκπαιδευτική πλατφόρμα Lego Mindstorms EV3 που διαθέτει το σχολείο μας. Όλη η κατασκευή χωρίζεται σε τρία μέρη. Το πρώτο μέρος (Α) έχει να κάνει με νέα εξαρτήματα ή τουβλάκια που σχεδιάσαμε και τυπώσαμε. Το δεύτερο μέρος (Β) έχει να κάνει με την κατασκευή της οθόνης Braille, ενώ το τρίτο μέρος (Γ) είναι ο προγραμματισμός της κεντρικής μονάδας EV3 καθώς και της εφαρμογής που στέλνει ασύρματα το κείμενο στην οθόνη Braille.

Α. Δημιουργία νέων εξαρτημάτων

Για την υλοποίηση της κατασκευής μας κάποια νέα εξαρτήματα και τουβλάκια ήταν απαραίτητα. Έτσι σχεδιάσαμε μέσω κατάλληλου λογισμικού (www.tinkercad.com) τα εξαρτήματα που

χρειαζόμασταν και στην συνέχεια τα τυπώσαμε σε έναν 3D εκτυπωτή (με κόστος λιγότερο από 5 Ευρώ). Το Tinkercad είναι μία εύχρηστη διαδικτυακή εφαρμογή για τον σχεδιασμό τρισδιάστατων δομών. Στην Εικόνα 3 βλέπουμε κάποια από τα εξαρτήματα που δημιουργήσαμε όπως: την οθόνη Braille, μερικές ακίδες και μία ράγα. Κάτω από την οθόνη Braille, σε κατάλληλη υποδοχή, περνάνε δύο τέτοιες ράγες όπου η κάθε μια ρυθμίζει τρεις ακίδες (μία στήλη) του κυττάρου Braille. Η ράγα στο πάνω μέρος της έχει εξογκώματα ώστε να ανασηκώνονται ή όχι οι τρεις ακίδες που ακουμπάνε πάνω της, ανάλογα με το χαρακτήρα που θέλουμε να σχηματίσουμε. Η κεντρική ιδέα των εξαρτημάτων αυτών υπήρχε ήδη στο διαδίκτυο (Pyrophreek 2013α; 2013β) αλλά έπρεπε να τροποποιηθούν αρκετά αυτές οι δομές ώστε να συνεργάζονται με τα τουβλάκια και γρανάζια Lego. Τόσο η οθόνη Braille όσο και η ράγα έχει υποδοχές ώστε να ενώνονται με τα τουβλάκια lego, ενώ στο κάτω μέρος της ράγας προσθέσαμε «δοντάκια» ώστε να μπορεί να μετακινείται με τα γρανάζια lego.

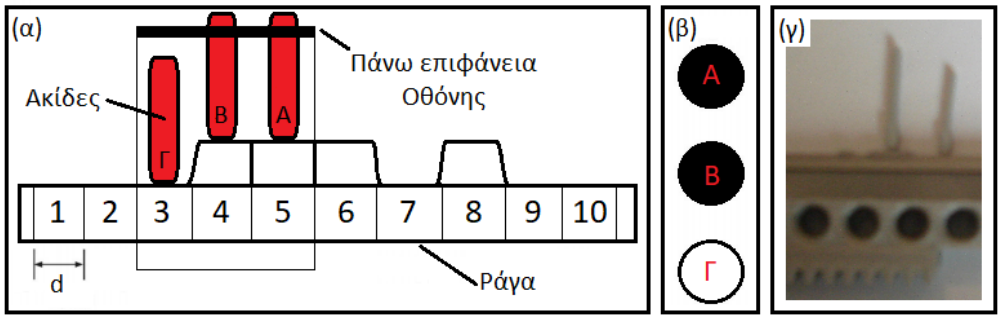


Εικόνα 3: Εξαρτήματα που τυπώσαμε για την κατασκευή μας.

Στην Εικόνα 4-α βλέπουμε μια σχηματική αναπαράσταση της ράγας με τις ακίδες. Η ράγα μπορεί και κινείται αριστερά – δεξιά ενώ οι ακίδες απλώς στηρίζονται πάνω στην ράγα και έτσι μπορούν να μετακινηθούν μόνο πάνω κάτω. Για την συγκεκριμένη θέση της ράγας παρατηρούμε ότι οι ακίδες Α και Β πατάνε πάνω σε προεξοχές της ράγας οπότε προεξέχουν και από την οθόνη μας. Με αυτόν τον τρόπο στην οθόνη Braille θα σχηματιστεί ο συνδυασμός που φαίνεται στην Εικόνα 4-β, δηλαδή οι δύο από τις 3 κουκίδες θα είναι ανυψωμένες. Εάν η ράγα μετατοπιστεί προς τα

δεξιά τότε και η δεύτερη ακίδα θα πέσει, οπότε στην οθόνη μας θα προεξέχει μόνο η ακίδα Α, ενώ εάν μετατοπιστεί η ράγα προς τα αριστερά τότε θα ανασηκωθεί και η ακίδα Γ.

Όπως καταλαβαίνουμε η κάθε ακίδα έχει δύο καταστάσεις στις οποίες μπορεί να είναι, να προεξέχει από την οθόνη ή να μην προεξέχει, και επειδή έχουμε σε κάθε στήλη τρεις ακίδες θα έχουμε $2^3 = 8$ διαφορετικούς συνδυασμούς. Αυτούς τους 8 διαφορετικούς συνδυασμούς μπορούμε να τους πετύχουμε με τις 10 διαφορετικές θέσεις που έχει η ράγα. Δηλαδή εάν η ακίδα Γ βρίσκεται στη θέση 1 τότε θα είναι και οι τρεις πεσμένες, ενώ εάν είναι στη θέση 2 τότε θα είναι ανυψωμένη μόνο η Α, κ.τ.λ. Στην Εικόνα 4-γ φαίνεται η ράγα που δημιουργήσαμε για την κατασκευή μας. Το ύψος που έχουν τα σκαλοπατάκια πάνω στην ράγα είναι λιγότερο από ένα χιλιοστό (~0,6mm) και μετά βίας διακρίνονται στο σχήμα. Η κάθε θέση στη ράγα έχει μήκος περίπου d = 2,5 mm και αυτό σημαίνει ότι για να μεταβούμε από τον ένα συνδυασμό των κουκίδων σε έναν άλλο θα πρέπει η ράγα να μετατοπιστεί ακέραια πολλαπλάσια αυτής της απόστασης d.

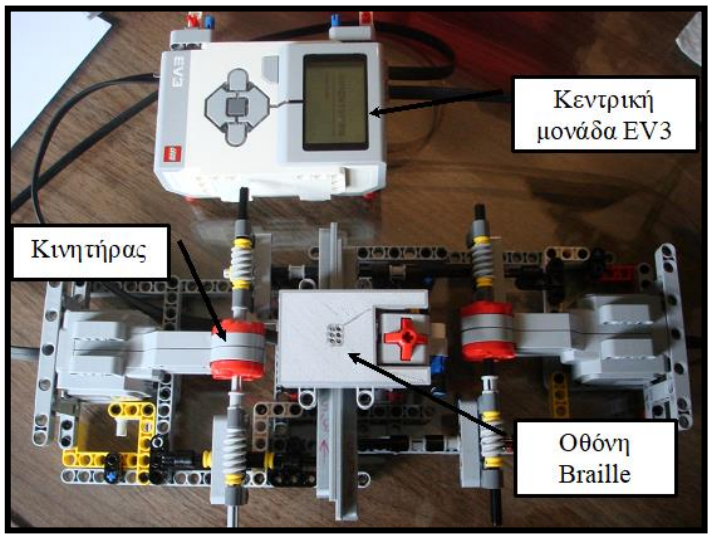


Εικόνα 4: (α) Σχηματική αναπαράσταση της ράγας όπου καθώς κινείται αριστερά – δεξιά οι ακίδες ανασηκώνονται ή όχι σχηματίζοντας τον επιθυμητό συνδυασμό. (β) Κάτοψη της οθόνης για το συγκεκριμένο στιγμιότυπο της ράγας. Προεξέχουν μόνο οι δύο ακίδες, Α και Β. (γ) Φωτογραφία της ράγας και δύο ακίδων όπου φαίνονται τα σκαλοπατάκια στο πάνω μέρος της ράγας.

Β. Κατασκευή

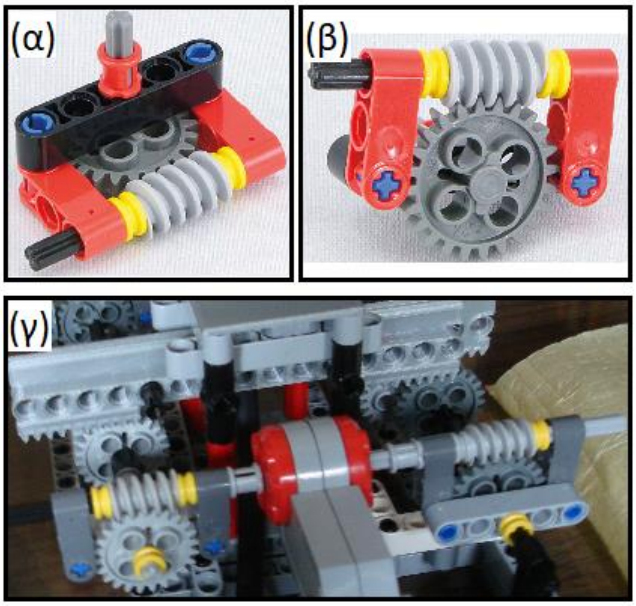
Στη συνέχεια συναρμολογήσαμε το σύστημά μας συνδυάζοντας τα εξαρτήματα της πλατφόρμας lego Mindstorms με τα δικά μας εξαρτήματα. Για τη συγκεκριμένη κατασκευή χρησιμοποιήσαμε

δύο μεγάλους σερβο-κινητήρες, έναν αισθητήρα αφής, διάφορα τουβλάκια lego και φυσικά την κεντρική μονάδα του EV3, τουβλάκι EV3 (EV3 brick) ώστε να μπορέσουμε να το προγραμματίσουμε (Εικόνα 5).



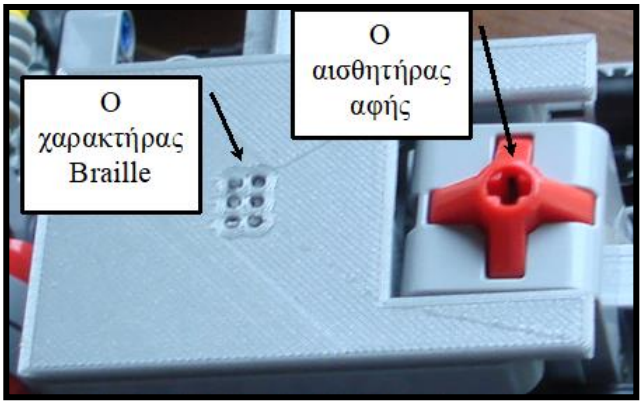
Εικόνα 5: Η ολοκληρωμένη κατασκευή μας.

Ο κάθε κινητήρας κινεί μία ράγα ρυθμίζοντας έτσι τις θέσεις τριών ακίδων (μιας στήλης). Θα πρέπει, όπως είπαμε, η ράγα να μπορεί να κινείται με πολύ καλή ακρίβεια. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήσαμε έναν συνδυασμό γραναζιών (Isogawa) πετυχαίνοντας λόγο περιστροφής κινητήρα προς περιστροφή του γραναζιού που κινεί τη ράγα 24:1 (Εικόνα 6-α και 6-β). Τέλος, για να πετύχουμε σταθερότητα της ράγας τοποθετήσαμε γρανάζια και από τις δύο μεριές της ράγας, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6-γ.



Εικόνα 6: (α και β) Συνδυασμός γραναζιών για να πετύχουμε την επιθυμητή ακρίβεια στην κίνηση της κάθε ράγας. (γ) Η κάθε ράγα στηρίζεται και στις δύο μεριές της σε γρανάζι που περιστρέφονται από τον ίδιο κινητήρα.

Τέλος, προσθέσαμε και έναν αισθητήρα αφής ακριβώς δίπλα στην οθόνη μας (Εικόνα 7). Έτσι, όταν ο χρήστης θα διαβάσει τον χαρακτήρα που ήδη υπάρχει στην οθόνη θα πρέπει να πατήσει το κουμπί ώστε το σύστημα να εμφανίσει τον επόμενο χαρακτήρα, εάν υπάρχει, του κειμένου που θα έχει στείλει η εφαρμογή μας.

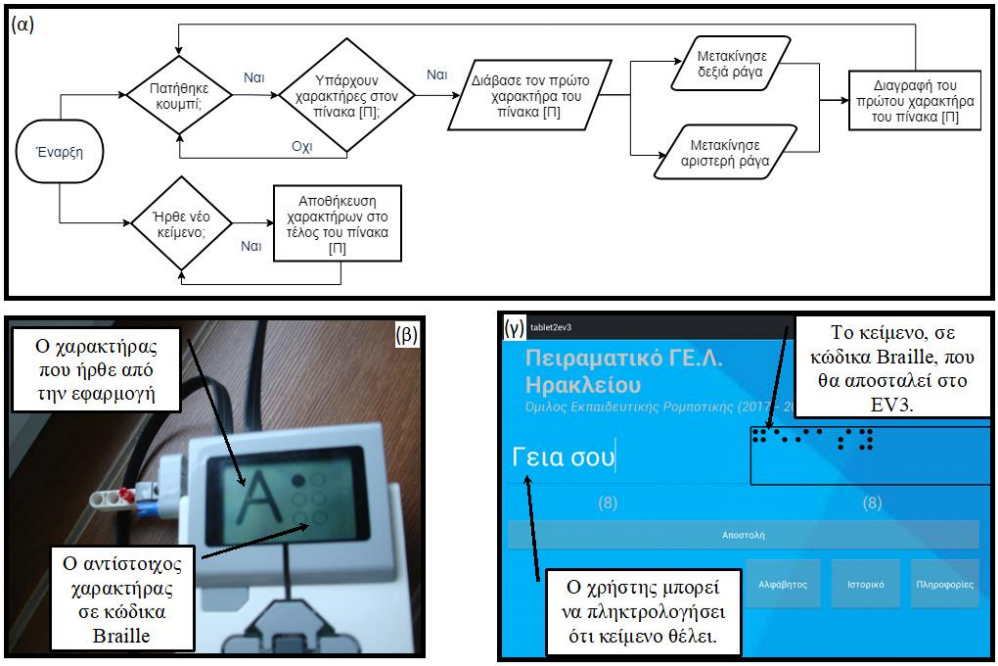


Εικόνα 7: Δίπλα στον χαρακτήρα που διαβάζει ο χρήστης υπάρχει ένας αισθητήρας αφής (κουμπί) ώστε να ενημερώνει ο χρήστης το σύστημα ότι έχει διαβάσει τον συγκεκριμένο χαρακτήρα.

Γ. Προγραμματισμός EV3 και εφαρμογής για λειτουργικό Android

Ο προγραμματισμός του EV3 έγινε με το λογισμικό Lego Mindstorms EV3. Το περιβάλλον προγραμματισμού βασίζεται σε εικονίδια. Αν και ο προγραμματισμός με εικονίδια είναι βολικός γιατί δεν χρειάζεται να ξέρει ο χρήστης κάποια γλώσσα προγραμματισμού γίνεται λίγο δύσχρηστος όταν το πρόγραμμα μεγαλώνει πολύ σε έκταση, όπως στην δική μας περίπτωση.

Το βασικό κομμάτι του αλγόριθμου φαίνεται στο διάγραμμα ροής στην Εικόνα 8-α. Όταν έρχεται κάποιο κείμενο στο EV3 το αποθηκεύει χαρακτήρα χαρακτήρα στο τέλος ενός πίνακα [Π]. Εάν πατήσει ο χρήστης τον αισθητήρα αφής, και εφόσον δεν είναι άδειος ο πίνακας [Π], μετακινούνται οι δύο ράγες με τέτοιον τρόπο ώστε να σχηματιστεί στην οθόνη ο χαρακτήρας Braille που αντιστοιχεί στον πρώτο χαρακτήρα του πίνακα [Π]. Στην συνέχεια διαγράφεται ο χαρακτήρας αυτός από το πρώτο στοιχείο του πίνακα και το σύστημα είναι έτοιμο να δείξει τον επόμενο χαρακτήρα του πίνακα [Π]. Η διαδικασία ολοκληρώνεται όταν αδειάσει ο πίνακας. Το πρόγραμμα κρατάει σε μεταβλητές τις τρέχουσες θέσεις που έχουν οι ράγες έτσι ώστε να έχουν την μικρότερη δυνατή μετατόπιση μέχρι να σχηματιστεί ο επόμενος χαρακτήρας.



Εικόνα 8: (α) Το διάγραμμα ροής του βασικού προγράμματος του EV3. (β) Η κεντρική μονάδα του EV3 δείχνει κάθε φορά στην οθόνη της τον χαρακτήρα θα πρέπει να σχηματιστεί στην οθόνη Braille (και τον ελληνικό χαρακτήρα αλλά και τον αντίστοιχο χαρακτήρα Braille). (γ) Στιγμιότυπο της εφαρμογής όπου ο χρήστης μπορεί να γράψει ότι κείμενο θέλει και να το αποστείλει στο EV3.

Στην Εικόνα 8-β βλέπουμε ότι στην οθόνη της κεντρικής μονάδας EV3 δείχνει κάθε φορά τον πρώτο χαρακτήρα του πίνακα [Π] αλλά και τον χαρακτήρα που θα σχηματιστεί στην οθόνη Braille.

Τέλος, δημιουργήσαμε και μία εφαρμογή μέσω της οποίας μπορούμε να στείλουμε κείμενο στο EV3. Η εφαρμογή αυτή μπορεί να εγκατασταθεί σε εφαρμογές που διαθέτουν λειτουργικό Android (όπως κινητά, τάμπλετ, κτλ). Στην Εικόνα 8-γ βλέπουμε την διεπαφή της εφαρμογής μας όπου ο χρήστης της εφαρμογής έχει πληκτρολογήσει το κείμενο «Γεια σου» και εάν πατήσει το πλήκτρο «Αποστολή» θα σταλεί, μέσω Bluetooth, στο EV3. Επίσης, καθώς ο χρήστης πληκτρολογεί το κείμενο που θέλει

εμφανίζεται ταυτόχρονα το ίδιο κείμενο και σε κώδικα Braille. Η εφαρμογή δημιουργήθηκε μέσω του λογισμικού b4a (www.b4x.com).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρά την μεγάλη ακρίβεια που απαιτείται από το σύστημα Braille καταφέραμε να κατασκευάσουμε μια μονοκυτταρική οθόνη με τη χρήση της εκπαιδευτικής πλατφόρμας Lego Mindstorms EV3. Ο χρήστης αφού διαβάσει με το δάχτυλό του τον χαρακτήρα που εμφανίζει η οθόνη Braille, πατάει κατάλληλο κουμπί που βρίσκεται δίπλα στην οθόνη για να σχηματιστεί ο επόμενος χαρακτήρας (εάν υπάρχει). Η κατασκευή αυτή θα μπορούσε να συνδυαστεί με οποιαδήποτε συσκευή με λειτουργικό Android (τηλεόραση, τάμπλετ, κινητό, κτλ) και να δείχνει απευθείας το κείμενο που θα στέλνει η αντίστοιχη εφαρμογή (π.χ. ένα γραπτό μήνυμα του κινητού).

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Να ευχαριστήσουμε όλους τους συμμαθητές μας που συμμετείχαν στον όμιλο «Εκπαιδευτική Ρομποτική και 3D εκτύπωση» του Πειραματικού Γενικού Λυκείου Ηρακλείου (το σχολικό έτος 2017 – 18) διότι ο κάθε ένας έχει συνεισφέρει στην εργασία αυτή με τον δικό του μοναδικό τρόπο.

Επίσης, ευχαριστούμε θερμά το Ινστιτούτο Πληροφορικής του Ι.Τ.Ε. και συγκεκριμένα τον Καθηγητή κ. Τραχανιά, Διευθυντή του εργαστηρίου «Υπολογιστική Όραση και Ρομποτική», για την παραχώρηση υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα κατασκευή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

[1] Isogawa, Y. (2015). *The LEGO MINDSTORMS Idea Book* (p. 30). San Francisco, CA: William Pollock.

[2] Pyrophreek (2013, April), (α) Manually Refresh-able Braille, https://www.thingiverse.com/thing:75893 (2013, May) (β) *3D Printed Braille Display*, https://www.thingiverse.com/thing:90144

[3] Ramstein, C. (1996). *Combining haptic and Braille technologies: Design issues and pilot study,* Vancouver, Canada: Proceedings of the ASSETS ’96, Conference, pp. 37-44.

[4] Tiresias, Scientific & technological reports (2008), *Braille cell dimensions*, http://www.arch.mcgill.ca/prof/klopp/arch678/fall2008/3%20Student%20exchange/Team%20Surface/Connexion%20Surface%20Folder/MA%20files/Braille%20cell%20dimensions.pdf

[5] UK Association for Accessible Formats (UKAAF) (2017). *Standard dimensions for the UK Braille Cell,* https://www.ukaaf.org/wp-content/uploads/BrailleStandardDimensionsFinal.pdf

[6] Watanabe, T., Kaga, H. (2017). *Determining the Optimum Font Size for Braille on Capsule Paper for Late Blind People*. ITE Trans. on MTA, Vol. 5, No. 1, 2-7.

[7] Woerner, J. (2002). *Datamath Calculator Museum*, http://www.datamath.org/Related/Schoenherr/Braillotron.htm#Refreshable%20Braille%20display