



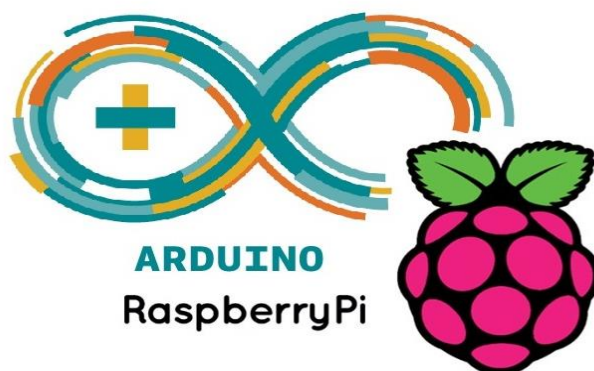
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

"ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΣΥΧΡΟΝΩΝ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΩΝ ARDUINO ΚΑΙ RASPBERRY PI - ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ
ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ"



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ:

ΚΑΤΣΕΑ-ΣΑΡΑΝΤΟΥ ΙΟΛΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Δρ.ΜΙΧΑΗΛ ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ, 2020

Η παρούσα διπλωματική εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την τριμελή εξεταστική επιτροπή, η οποία ορίστηκε από την Γ.Σ. του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, σύμφωνα με το νόμο και τον εγκεκριμένο Οδηγό Σπουδών του τμήματος.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Παπουτσιδάκη Μιχαήλ (Επιβλέπων)
- Χατζόπουλος Αβραάμ (Μέλος)
- Δρόσος Χρήστος (Μέλος)

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Κατσέα-Σαράντου Ιόλη του Ηλία, με αριθμό μητρώου 71445290 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Βιομηχανικής Παραγωγής και Σχεδίασης του Τμήματος Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



Ιόλη Κατσέα-Σαράντου

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου για την συνεχή ενθάρρυνση που μου έδινε καθώς και για την άποψη του σε ότι αφορά αυτή την εργασία. Στην συνέχεια, την οικογένεια μου που με την σειρά της με εμπνύχωνε συνεχώς και με στήριζε. Τους φίλους μου που με βοήθησαν με τις γνώσεις τους, την άποψη τους πάνω στο συγκεκριμένο θέμα της εργασίας, και την συμπαράσταση τους όλο αυτό το διάστημα. Τέλος, όσους συμμετείχαν στην συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, για την έρευνα της εργασίας.

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία, θα μελετηθούν οι μικροελεγκτές και οι μικροεπεξεργαστές όπου εδώ και 50 χρόνια έχουν ενταχθεί στον κόσμο της τεχνολογίας. Ο μικροελεγκτής είναι ένα είδος επεξεργαστή, ο οποίος λειτουργεί με λιγότερα εξωτερικά εξαρτήματα λόγω του πλήθους των υποσυστημάτων που έχει. Εντοπίζεται κυρίως σε ενσωματωμένα συστήματα όπως αυτοματισμούς, ηλεκτρικές συσκευές και ηλεκτρονικά προϊόντα. Από την άλλη πλευρά, ο μικροεπεξεργαστής είναι η παραλλαγή του μικροελεγκτή με άλλα λόγια, είναι το βασικό εξάρτημα που διαχειρίζεται τα δεδομένα, τις λειτουργίες, τις εντολές και τις διασυνδέσεις ενός υπολογιστή. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε ως αριθμομηχανή και στην συνέχεια σε τερματικά, εκτυπωτές και έξυπνες συσκευές. Στόχος της εργασίας αυτής είναι η κατανόηση και η σύγκριση του Arduino και του Raspberry Pi που είναι επεξεργαστές. Πιο συγκεκριμένα, το Arduino είναι ένας μικροελεγκτής μονής πλακέτας ανοικτού κώδικα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή εισόδου-εξόδου. Ενώ, το Raspberry Pi είναι μια σειρά μικρών υπολογιστών σε μια πλακέτα. Στην εργασία γίνεται η καλύτερη προσπάθεια να κατανοηθεί τι είναι ο κάθε επεξεργαστής, πως λειτουργούν και τι ικανότητες διαθέτουν, τα χαρακτηριστικά τους και εφαρμογές / κατασκευές που έχουν γίνει με αυτά. Παράλληλα, είναι γνωστό ότι το Arduino χρησιμοποιείται αρκετά στα Ελληνικά πανεπιστήμια. Καταλήγοντας, γίνεται έρευνα μελέτης με σκοπό την ένταξη του Raspberry Pi στην τριτοβάθμια εκπαίδευση λαμβάνοντας υπόψη και τα δεδομένα από το ερωτηματολόγιο που δημιουργήθηκε για το σκοπό αυτό.

Summary

In the present work, microcontrollers and microprocessors will be studied where they have been integrated into the world of technology for 50 years. The microcontroller is a type of processor, which operates with fewer external components due to the number of subsystems it has. It is mainly found in integrated systems such as automation, electrical appliances, and electronic products. The microprocessor, on the other hand, is a variant of the microcontroller, in other words, it is the key component that manages a computer's data, functions, commands, and interfaces. It was first used as a calculator and then in terminals, printers, and smart devices. The aim of this work is to understand and compare Arduino and Raspberry Pi processors. More specifically, the Arduino is an open-source single-board microcontroller with a built-in input-output microcontroller. While the Raspberry Pi is a series of small computers aboard. The work makes the best effort to understand what each processor is, how they work and what capabilities

they have, their characteristics, and applications/constructions that have been made with them. At the same time, it is known that Arduino is widely used in Greek universities. Finally, a study is conducted with the aim of including the Raspberry Pi in higher education, taking into account the data from the questionnaire created for this purpose.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	1
Summary.....	4
Κατάλογος Εικόνων	8
Κατάλογος Πινάκων.....	10
Κατάλογος Σχημάτων.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	12
1.1 Μικροελεγκτές και Μικροεπεξεργαστές	12
1.1.1 Ιστορία των μικροεπεξεργαστών-μικροελεγκτών.....	12
1.1.2 Η εξέλιξη των μικροεπεξεργαστών.....	13
1.1.3 Η λειτουργία του μικροελεγκτή	16
1.1.4 Βασικά χαρακτηριστικά που καθιστούν προτιμότερο τον μικροελεγκτή - Διαφορές με μικροεπεξεργαστή	17
1.1.5 Διαδεδομένες κατηγορίες μικροεπεξεργαστών.....	18
1.1.6 Εργαλεία ανάπτυξης και γλώσσες προγραμματισμού.	19
1.1.7 Κατασκευαστές μικροελεγκτών	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	21
2.1 ARDUINO	21
2.1.1 Η ιστορία του	21
2.1.2 Τι είναι το Arduino;.....	22
2.1.3 Γλώσσα Προγραμματισμού	22
2.1.4 Εκδόσεις, Μοντέλα και Shields Arduino	23
2.2 Ανάλυση Arduino	29
2.2.1 HARDWARE.....	29
2.2.4 Χαρακτηριστικά Arduino Uno.....	30
2.2.5 SOFTWARE	35
2.2.6 Περιβάλλον Ανάπτυξης.....	36

2.2.7 Βασικές Εντολές	42
2.2.8 Πλεονεκτήματα Arduino	46
2.3 Εφαρμογές Arduino	48
Arduino και μουσική.....	48
Arduino και μοντελισμός	49
Arduino και διακόσμηση.....	50
Arduino στο σπίτι.....	50
Arduino security alarm.....	51
Arduino και παιχνίδια	51
Arduino και τέχνες-ζωγραφική	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	53
3.1 RASPBERRY Pi.....	53
3.1.1 Τι είναι το Raspberry Pi	53
3.1.2 Η φιλοσοφία.....	53
3.1.3 Η αναδρομή του.	54
3.1.4 Γλώσσες Προγραμματισμού	63
3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ RASPBERRY Pi	67
3.2.1 HARDWARE.....	67
3.2.2 Εκδόσεις Raspberry Pi [21].....	72
Raspberry Pi ZERO W	73
3.2.3 Χαρακτηριστικά εν συντομία.....	74
3.2.4 Σύνδεση εισόδου-εξόδου γενικής χρήσης (GPIO).....	76
3.2.5 Αξεσουάρ [57].....	78
3.2.6 SOFTWARE	83
3.3 Χρήσεις και Εφαρμογές του Raspberry Pi	93
3.3.1 Αναφορές για το Raspberry Pi	93
3.3.2 Χρήση του Raspberry Pi	94

3.3.3 Εφαρμογές του Raspberry Pi	98
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	100
4.1 Σύγκριση Arduino - Raspberry Pi.....	100
4.1.1 Γενικά.....	100
4.1.2 Arduino VS Raspberry	101
4.1.3 Raspberry Pi VS Arduino.....	101
4.1.4 Networking - Δικτύωση.	101
4.1.5 Power.....	102
4.1.6 Αισθητήρια – Sensors	102
4.1.7 Ποιο είναι πιο χρήσιμο - εύχρηστο;	103
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	104
Μικροελεγκτής-Μικροεπεξεργαστής στην ελληνική εκπαίδευση	104
5.1 Εξέλιξη των μικροεπεξεργαστών με την πάροδο του χρόνου	104
5.2 Έρευνα - Ερωτηματολόγιο	106
Συμπέρασμα.....	115
Βιβλιογραφία	117

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Intel 4004, 8080, 8086/8088, 80286, 80386, 80486	15
Εικόνα 2 Intel Pentium, II, III, IV	16
Εικόνα 3 LilyPad	22
Εικόνα 4 Arduino Uno	22
Εικόνα 5 Λεπτομέρειες πλακέτας Arduino Uno	31
Εικόνα 6 Τροφοδοσία.....	33
Εικόνα 7 Τροφοδοσία με μπαταρία.....	33
Εικόνα 8 L -TX -RX.....	34
Εικόνα 9 Power LED.....	34
Εικόνα 10 Reset Button	35
Εικόνα 11 Παράδειγμα μέσα από το περιβάλλον Arduino IDE.....	36

Εικόνα 12 Περιβάλλον ανάπτυξης Arduino.....	36
Εικόνα 13 Arduino Smarter Kit - από eBay	47
Εικόνα 14 Laser Harp.....	49
Εικόνα 15 Όχημα με Arduino.....	49
Εικόνα 16 Διακοσμητικά LED	50
Εικόνα 17 Κύβοι 4X4.....	50
Εικόνα 18 Senseless drawing bot-Ζωγραφική με Arduino	52
Εικόνα 19 Το σήμα του Raspberry Pi [21].....	53
Εικόνα 20 Ένα πρωτότυπο από τον Paul Downey	54
Εικόνα 21 Raspbian.....	63
Εικόνα 22 Raspberry Pi OS.....	63
Εικόνα 23 NOOBS	63
Εικόνα 24 Λεπτομέρειες-Στοιχεία Pi 3 model B.....	76
Εικόνα 25 Ακροδέκτες του Pi 3	78
Εικόνα 26 Ακροδέκτες, P5-επιπλέον.....	78
Εικόνα 27 IQaudio Dac+	79
Εικόνα 28 IQaudio Dac Pro.....	79
Εικόνα 29 IQaudio DigiAMP+.....	79
Εικόνα 30 IQaudio Codec Zero.....	80
Εικόνα 31 Raspberry Pi TV HAT.	81
Εικόνα 32 Raspberry Pi PoE HAT.	81
Εικόνα 33 Sense HAT	81
Εικόνα 34 Camera Module V2	82
Εικόνα 35 Pi NoIR Camera V2	82
Εικόνα 36 Pi High Quality Camera	82
Εικόνα 37 Raspberry Pi 400.....	95
Εικόνα 38 Raspberry Pi 4 Desktop.....	95
Εικόνα 39 Κάμερα OTTO	96
Εικόνα 40 Slide	97
Εικόνα 41 Organelle.....	97
Εικόνα 42 ModBerry	98
Εικόνα 43 DIY Arcade Stick.....	99

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Χρονολογίες.....	15
Πίνακας 2 Μοντέλα Arduino.....	26
Πίνακας 3 Χρονολογική εμφάνιση.....	27
Πίνακας 4 Λεπτομέρειες Shields Arduino	29
Πίνακας 5 Χαρακτηριστικά Arduino Uno.....	30
Πίνακας 6 Λειτουργίες του IDE.....	37
Πίνακας 7 Βασικές Εντολές	46
Πίνακας 8 Πριν την παρουσίαση.....	55
Πίνακας 9 Για την παρουσίαση	58
Πίνακας 10 Μετά την παρουσίαση	63
Πίνακας 11 Μοντέλα Raspberry Pi	74
Πίνακας 12 Χαρακτηριστικά Pi 3 Model B	76

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1 Γνωρίζετε το Arduino ή/και το Raspberry Pi;	106
Σχήμα 2 Ποια γλώσσα προγραμματισμού γνωρίζετε;.....	106
Σχήμα 3 Εάν το γνωρίζετε, που το έχετε διδαχθεί; Arduino	107
Σχήμα 4 Εάν το γνωρίζετε, που το έχετε διδαχθεί; Raspberry	107
Σχήμα 5 Εάν δεν το γνωρίζετε, θα θέλατε να το μάθετε; Raspberry Pi	108
Σχήμα 6 Θεωρείτε ότι η πλακέτα Pi είναι ακριβή (45€) συγκριτικά με το Arduino (20€)- σύμφωνα με τις δυνατότητές του καθενός;	109
Σχήμα 7 Δεδομένου ότι το Raspberry έχει αρκετές δυνατότητες για την υλοποίηση ενός project, θα αγοράζατε το kit;	109
Σχήμα 8 Εάν σε μάθημα σας ζήτησαν να δημιουργήσετε ένα project με Arduino ή Raspberry Pi τι θα επιλέγατε ;	109
Σχήμα 9 Βάση ποιων κριτηρίων θα το επιλέγατε να χρησιμοποιήσετε το Arduino; (δυνατότητα πολλαπλής επιλογής)	110
Σχήμα 10 Πώς σας φάνηκε από πλευρά δυσκολίας;	110
Σχήμα 11 Έχετε παρακολουθήσει ποτέ σεμινάρια ή μαθήματα για εκμάθηση;	112
Σχήμα 12 Εάν έκαναν στην σχολή σας δωρεάν σεμινάρια για να μάθετε Arduino θα συμμετείχατε;	113

Σχήμα 13 Εάν έκαναν στην σχολή σας δωρεάν σεμινάρια για εκμάθηση του Raspberry Pi θα συμμετείχατε; 113

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Μικροελεγκτές και Μικροεπεξεργαστές

1.1.1 Ιστορία των μικροεπεξεργαστών-μικροελεγκτών

Ο απώτερος σκοπός των κατασκευαστών συστημάτων είναι να δημιουργήσουν συστήματα πολλαπλών δυνατοτήτων και με μικρότερου μεγέθους όπου τους οδήγησε στην ανάγκη ενσωμάτωσης όλων των λειτουργιών ενός υπολογιστή σε ένα ή περισσότερα ολοκληρωμένα κυκλώματα [1] [2]. Η εξέλιξη της τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των κυκλωμάτων έφερε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη του μικροεπεξεργαστή. Οι μικροεπεξεργαστές ευθύνονται για τη δημιουργία και την έμπνευση μερικών από τις μεγαλύτερες καινοτομίες στα συστήματα υπολογιστών. Αυτές περιλαμβάνουν τους ενσωματωμένους μικροελεγκτές, τους προσωπικούς ελεγκτές, τους σύγχρονους σταθμούς εργασίας, συσκευές χειρός και κινητές συσκευές (πχ επεξεργαστές κινητών τηλεφώνων), servers (επεξεργαστές) εφαρμογών και αρχείων, Web Server για το διαδίκτυο, ευρείας κλίμακας δίκτυα υπολογιστών χαμηλού κόστους και υπερυπολογιστές. Οι μικροεπεξεργαστές είναι επεξεργαστές συνόλου εντολών αλλιώς, instruction set processor – ISPs. Ένας ISP εκτελεί εντολές ενός προκαθορισμένου συνόλου εντολών [3]. Αναλόγως του συνόλου εντολών που ο μικροεπεξεργαστής είναι ικανός να εκτελέσει αξιοποιείται και η αντίστοιχη λειτουργία του. Σε αυτό το σύνολο εντολών κωδικοποιούνται όλα τα προγράμματα που τρέχουν σε αυτόν. Το προκαθορισμένο σύνολο, επίσης ονομάζεται αρχιτεκτονική συνόλου εντολών (instruction set architecture, ISA). Το ISA γεφυρώνει το λογισμικό και το υλικό, δηλαδή τα προγράμματα και τους επεξεργαστές.

Με τον όρο μικροελεγκτή [4] [5] αναφερόμαστε σε έναν τύπο επεξεργαστή ο οποίος έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει με ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα λόγω των πολλαπλών ενσωματωμένων υποσυστημάτων που παρέχει. Για τον λόγο αυτό θεωρείται παρόμοιο ενός μικροεπεξεργαστή. Ο μικροελεγκτής είναι ένα ενσωματωμένο τσιπ (ολοκληρωμένο κύκλωμα) που συχνά αποτελεί μέρος ενός συστήματος. Ο μικροελεγκτής περιλαμβάνει CPU, RAM, ROM για αποθήκευση δεδομένων και λογισμικού όπως και ένας τυπικός υπολογιστής, μνήμη flash για μόνιμη αποθήκευση, θύρες εισόδου-εξόδου, μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό σήμα, και αντίστροφα, και timers. Είναι σχεδιασμένος να εκτελεί μια μόνο συγκεκριμένη εργασία για τον έλεγχο ενός απλού συστήματος, είναι πολύ μικρότερος και πιο απλοϊκά σχεδιασμένος ώστε να περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται σε ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα. Χρησιμοποιείται ευρέως σε όλα τα ενσωματωμένα συστήματα

ελέγχου χαμηλού και μεσαίου κόστους όπως για παράδειγμα αυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτοματισμούς, ηλεκτρονικά καταναλωτικά προϊόντα, ηλεκτρικές συσκευές.

1.1.2 Η εξέλιξη των μικροεπεξεργαστών

Στις αρχές του 70' ο τρόπος κατασκευής [1] [2] των κεντρικών μονάδων επεξεργασίας επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό με τη κατασκευή του πρώτου επεξεργαστή από ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα μεγάλης ολοκλήρωσης. Οι επεξεργαστές αποτελούνται από αρκετές πύλες και περίπλοκα κυκλώματα τα οποία με την εκτεταμένη χρήση τους παρήγαγαν θερμότητα και καταλάμβαναν πολύ χώρο. Το όνομα μικροεπεξεργαστές οφείλεται στην μείωση του καταλαμβανόμενου όγκου. Το μικρότερο μέγεθος μείωσε και τον χρόνο μεταγωγής λόγω φυσικών παραγόντων. Ως αποτέλεσμα, η συχνότητα ρολογιού των σύγχρονων μικροεπεξεργαστών κυμαίνεται από εκατοντάδες megahertz έως αρκετά gigahertz. Ταυτόχρονα, η πολυπλοκότητα και ο αριθμός των τρανζίστορ όπου αποτελούσαν ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα αυξήθηκε. Ο ρυθμός αύξησης των τρανζίστορ περιγράφεται από τον νόμο του Μουρ, που ισχύει μέχρι σήμερα και προβλέπει τον διπλασιασμό τους, που ενσωματώνονται σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα. Παρόλο που η πολυπλοκότητα, το μέγεθος, η κατασκευή και η γενική μορφή τους έχει μεταμορφωθεί ολοκληρωτικά, τα τελευταία εξήντα χρόνια είναι σημαντικό το γεγονός ότι ο αρχικός σχεδιασμός και η λειτουργία τους δεν έχει αλλάξει ιδιαίτερα.

Ο πρώτος μικροεπεξεργαστής εμφανίστηκε το 1972, λίγα χρόνια μετά από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Η εξέλιξη τους θυμίζει την εξέλιξη των μεσαιών υπολογιστών. Οι σχεδιαστές των μεσαιών υπολογιστών μετέφεραν σε αυτούς τις ιδέες τους από τη σχεδίαση μεγάλων συστημάτων, αντίστοιχα και οι σχεδιαστές των μικροεπεξεργαστών υιοθέτησαν πολλά στοιχεία της οργάνωσης και της αρχιτεκτονικής των μεσαιών και μεγάλων συστημάτων. Στους μικροεπεξεργαστές της τελευταίας γενιάς άρχισαν να εφαρμόζονται καινούργια στοιχεία αρχιτεκτονικής, με αποτέλεσμα σήμερα να είναι μη κατανοητός ο διαχωρισμός ανάμεσα στους μεσαιούς υπολογιστές και σε συστήματα βασισμένα σε μικροεπεξεργαστές.

Χρονολογικός Πίνακας [1]

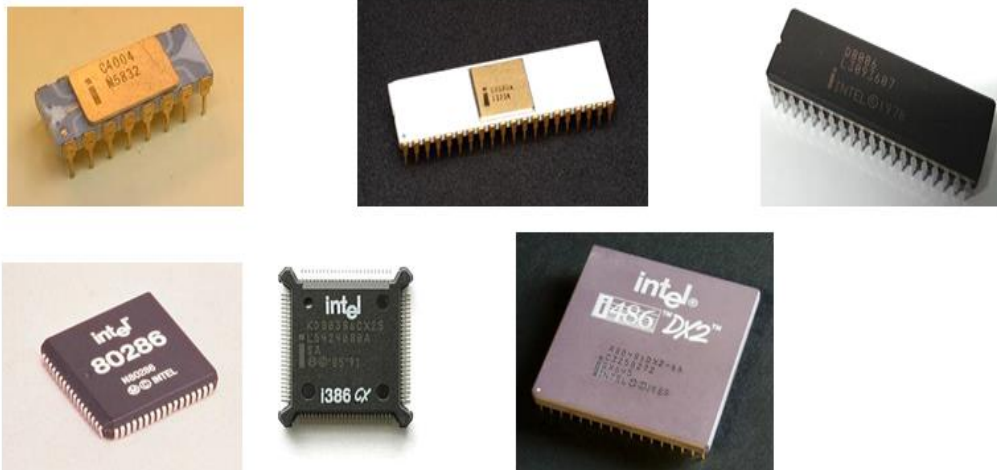
1971	Παρουσίαση του πρώτου μικροεπεξεργαστή Intel 4004 από τον Ted Hoff και τον συνεργάτη του Stan Mazor. Ο Intel 4004 ήταν ένας 4bit επεξεργαστής ο οποίος αποτελούνταν από 2.300 τρανζίστορ με συχνότητα ρολογιού 108KHz εκτελούσε 60.000 πράξεις το δευτερόλεπτο και μπορούσε να «δει» 640 bytes μνήμης. Αρχικά, εφαρμόστηκαν για την δημιουργία αριθμομηχανών ενώ το Νοέμβριου
-------------	---

	του 1971 η Intel ανακοίνωσε τον πρώτο μικροϋπολογιστή. Μέσα στην επόμενη χρονιά εμφανίστηκε ο 8008.
1974	Εμφανίζεται ο 8bit μικροεπεξεργαστής Intel 8080 που ήταν αποτέλεσμα εξέλιξης του 8008. Αποτελείται από 6.000 τρανζίστορ με συχνότητα λειτουργίας 2MHz. Την ίδια περίοδο, η Motorola παρουσιάζει τον 6800 που χρησιμοποιήθηκε σε υπολογιστές, σε όλα τα pinball-παιχνίδια καθώς και σε βιομηχανικές συσκευές ελέγχου. Είχε 4.000 τρανζίστορ, 78 εντολές σήμα χρονισμού στα 1 ή 2 MHz και 16 bit διαύλου διευθύνσεων.
1975	Η Zilog φτιάχνει τον Z80 έναν 8 bit μικροεπεξεργαστή βασισμένο στον 8080 του οποίου η γλώσσα μηχανής είναι υπερσύνολο αυτής του Intel 8080. Το σήμα χρονισμού του ήταν 3.5MHz με 16bit πλάτος διευθύνσεων ενώ μπορούσε να δει 64Kbytes μνήμης. Κατά την δεκαετία του 80 είχε την μεγαλύτερη δημοτικότητα καθώς επικεντρώθηκε στο χαμηλό κόστος σε συνδυασμό με την μικρή συσκευασία, τις χαμηλές απαιτήσεις και τον συνυπολογισμό των στοιχείων κυκλώματος που κανονικά θα έπρεπε να παραχθούν σε ένα ξεχωριστό τσιπ.
1978	Εμφανίζονται οι πρώτοι 16bit μικροεπεξεργαστές. Η Intel παρουσιάζει τον 8086/8088 του οποίου η συχνότητα λειτουργίας έχει ανέβει στα 10MHz και απαιτεί 29.000 τρανζίστορ. Αντίστοιχα η Motorola εμφανίζει τον 68000 με συχνότητα λειτουργίας 8MHz και 68.000 τρανζίστορ. Ο συνδυασμός της υψηλής ταχύτητας, του μεγάλου χώρου αποθήκευσης (16 Mbytes) και του αρκετού χαμηλού κόστους, τον έκανε δημοφιλέστερο μικροεπεξεργαστή με αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθεί στους υπολογιστές Apple Lisa και Macintosh.
1982	Η Intel δημιουργεί τον 80286 με συχνότητα λειτουργίας αρχικά στα 6 και μετά στα 12.5MHz και 134.000 τρανζίστορ. Περιλάμβανε δίαυλο δεδομένων 16bit, δίαυλο διευθύνσεων 24bit και μπορούσε να δει μέχρι 16Mbytes μνήμης. Είχε δυνατότητα να λειτουργεί στην κατάσταση protected mode (προστατευμένη κατάσταση λειτουργίας). Μετά τη επιτυχία της Motorola με τον 68000, οδηγήθηκε στον σχεδιασμό με του MC68010 με αποτέλεσμα τη προσθήκη υποστήριξης, της εικονικής μνήμης.
1985	Εμφανίζονται οι πρώτοι 32bit μικροεπεξεργαστές. Από τη μια ο Intel 80386 όπου περιέχει 275.000 τρανζίστορ και συχνότητα λειτουργίας 33MHz. Η μνήμη που δεχόταν ήταν 4Gbytes. Από την άλλη ο MC86020 της Motorola είχε 200.000 τρανζίστορ και συχνότητα λειτουργίας στα 16MHz. Έγινε ιδιαίτερα δημοφιλής

	στη microcomputer Unix αγορά ενώ πολλές μικρές επιχειρήσεις παρήγαγαν τα συστήματα desktop.
1989	Εμφανίζεται ο 32bit μικροεπεξεργαστής Intel 80486 με 1.200.000 τρανζίστορ και συχνότητα 50 MHz συχνότητα λειτουργίας.
1993	Εμφανίζεται η Intel Pentium της οικογένειας P5 ο οποίος περιέχει 3.100.000 τρανζίστορ και λειτουργούσε στα 60 και 66 MHz. Την ίδια περίοδο η Digital παρουσιάζει τον πρώτο 64bit μικροεπεξεργαστή Alpha.
1997	Η Intel εισήγαγε τον μικροεπεξεργαστή Intel Pentium II με τεχνολογία MMX για τη υποστήριξη πολυμέσων. Είχε 7.500.000 τρανζίστορ και η συχνότητα λειτουργίας του βρισκόταν στα 300MHz.
1999	Η Intel ανακοίνωσε το Pentium III με 9.500.000 τρανζίστορ και συχνότητα λειτουργίας στα 450MHz (όπου σήμερα έχει φτάσει 1.13GHz).
2000	Εμφανίζεται ο Pentium IV όπου ήταν σχεδιασμένος σύμφωνα με την μικροαρχιτεκτονική NetBurst. Η συχνότητα λειτουργίας του βρίσκεται στα 2.0 GHz και το ολοκληρωμένο κύκλωμά του αποτελείται από 55.000.000 τρανζίστορ, αλλά χωρίς αυτό παρέχει σημαντική αύξηση της ταχύτητας επεξεργασίας σε σχέση με τον Pentium III.

Πίνακας 1 Χρονολογίες

Από εκεί και πέρα έχουμε τους επεξεργαστές στο επίπεδο των πολλαπλών πυρήνων.



Εικόνα 1 Intel 4004, 8080, 8086/8088, 80286, 80386, 80486



Εικόνα 2 Intel Pentium, II, III, IV

1.1.3 Η λειτουργία του μικροελεγκτή

Υπάρχουν πολλοί μικροελεγκτές [4] [5] και ακόμα περισσότερα προγράμματα διαθέσιμα, παρόλο αυτά οι περισσότεροι έχουν πολλά κοινά. Έτσι εάν ήταν εφικτή η μάθηση του και χρήση του ενός θα ήταν εφικτή και για τους άλλους αντίστοιχα. Ο μικροελεγκτής είναι μια συσκευή ταχείας λειτουργίας, όχι όσο ο υπολογιστής, έτσι ώστε κάθε εντολή που εκτελείται να γίνεται ταχύτατα. Όταν ενεργοποιείται η τροφοδοσία, το Μητρώο Λογικού Ελέγχου ενεργοποιεί με την σειρά του, τον ταλαντωτή χαλαζία. Στα πρώτα χιλιοστά του δευτερολέπτου, οι πυκνωτές φορτίζονται ενώ οι πρώτες διαδικασίες βρίσκονται σε εξέλιξη. Όταν η στάθμη της τάσης φτάνει στη μέγιστη τιμή της και σταθεροποιείται, η συχνότητα του ταλαντωτή του χαλαζία, ξεκινά τη διαδικασία γραφής bits σε ειδικά λειτουργικά μητρώα (SFRs). Όλα γίνονται σύμφωνα με το ρολόι του ταλαντωτή και έτσι, αρχίζουν τα ηλεκτρονικά να δουλεύουν. Η λειτουργία αυτή πραγματοποιείται σε μικρό χρονικό διάστημα (νάνο δευτερόλεπτα). Το PC ή ο μετρητής προγραμματισμού μηδενίζει την διεύθυνση της μνήμης προγράμματος. Στη συνέχεια, η διεύθυνση αποστέλλει τις οδηγίες στον αποκωδικοποιητή ο οποίος μεταφράζει τις εντολές και τις εκτελεί. Μετά τη εκτέλεση μίας εντολής, η διεύθυνση του απαριθμητή προγράμματος αυξάνεται κατά ένα, με αποτέλεσμα να στέλνει τη διεύθυνση της επόμενης εντολής στον αποκωδικοποιητή εντολών και να εκτελεί επόμενες οδηγίες.

1.1.4 Βασικά χαρακτηριστικά που καθιστούν προτιμότερο τον μικροελεγκτή - Διαφορές με μικροεπεξεργαστή

Στους μικροεπεξεργαστές και κυρίως στους σύγχρονους, [6] για **μη ενσωματωμένα** συστήματα, δίνεται έμφαση στην υπολογιστική ισχύ. Η ευελιξία ανάπτυξης διαφορετικών εφαρμογών είναι μεγάλη, καθώς η λειτουργικότητα του τελικού συστήματος καθορίζεται από τα εξωτερικά περιφερειακά τα οποία συνδέονται με την κεντρική μονάδα (μικροεπεξεργαστή), η οποία δεν είναι ειδικευμένη. Αντίθετα, στους μικροεπεξεργαστές για **ενσωματωμένα** συστήματα (μικροελεγκτής) οι οποίοι έχουν μικρότερες ή και μηδαμινές δυνατότητες συνεργασίας με εξωτερικά περιφερειακά, αυτού του είδους, η ευελιξία είναι περιορισμένη, καθώς και η υπολογιστική ισχύς. Οι μικροελεγκτές δίνουν έμφαση στο μικρό αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που απαιτείται για τη λειτουργία μιας συσκευής. Ο μικροελεγκτής έχει χαρακτηριστικά που τον καθιστούν προτιμότερο για τη χρήση του σε εφαρμογές έναντι της χρήση των επιμέρους στοιχείων που τον απαρτίζουν ξεχωριστά (επεξεργαστές, μνήμες, συσκευές εισόδου-εξόδου). Πιο συγκεκριμένα:

- Χαμηλό κόστος. Είναι από τα πιο βασικά χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη. Η μαζική παραγωγή μικροελεγκτών από εταιρείες οδήγησαν στην βελτίωση της ποιότητας και ταυτόχρονα στη μείωση της τιμής λόγω ανταγωνισμού.
- Αυτονομία. Επιτυγχάνεται μέσω της ενσωμάτωσης πολλαπλών περιφερειακών υποσυστημάτων όπως μνήμες και θύρες επικοινωνίας. Έτσι, πολλοί μικροελεγκτές δεν χρειάζονται άλλο ολοκληρωμένο κύκλωμα για να λειτουργήσουν.
- Μικρό μέγεθος. Η ολοκλήρωση των βασικών στοιχείων όπου απαρτίζεται μείωσε τις διαστάσεις σε σχέση με τη χρήση των επιμέρους στοιχείων μέχρι και το συνολικό υπολογιστικό σύστημα.
- Χαμηλή κατανάλωση ισχύος. Οι μικροελεγκτές λειτουργούν σε συγκριτικά χαμηλές συχνότητες που φτάνουν τα 32KHz, γεγονός που οδηγεί στην κατανάλωση μικρών ποσών ισχύος της τάξης των mW καθώς και μ W. Έχουν τη δυνατότητα να εισέρχονται σε κατάσταση αναμονής, sleep mode, αδρανοποιώντας προσωρινά τη λειτουργία της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (ΚΜΕ) και των περιφερειακών, οπότε αυτή μπορεί να γίνει μειώνοντας αρκετά την κατανάλωση ισχύος του μικροελεγκτή. Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές με αυστηρές απαιτήσεις ως προς την παράμετρο αυτήν.
- Επίτευξη ελέγχου ή μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο. Οι μικροελεγκτές δεν απαιτούν επιπλέον λογισμικό σε σχέση με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές που πρέπει να

- τρέχουν λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου (RT-Linux, QNX κ.α.) για να το επιτύχουν. .
- Μειωμένες εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και μειωμένη ευαισθησία σε αντίστοιχες παρεμβολές από άλλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές. Αυτό προκύπτει από το μικρότερο αριθμό και μήκος εξωτερικών διασυνδέσεων καθώς και των χαμηλότερων ταχυτήτων λειτουργίας.
 - Περισσότεροι διαθέσιμοι ακροδέκτες για ψηφιακές εισόδους-εξόδους.
 - Η βασική αρχιτεκτονική των μικροελεγκτών δεν διαφέρει από αυτήν των κοινών μικροεπεξεργαστών. Αν και στους πρώτους συναντάται συχνά ή αρχιτεκτονική μνήμη τύπου Harvard, η οποία χρησιμοποιείται σε διάφορες αρτηρίες σύνδεσης της μνήμης προγραμματισμού και της μνήμης δεδομένων (π.χ. οι σειρές από Microchip). Στους κοινούς μικροεπεξεργαστές συνηθίζεται η ενιαία διάταξη μνήμης τύπου φον Νόιμαν.
 - Η ενσωμάτωση περιφερειακών σημαίνει ευκολότερη υλοποίηση εφαρμογών λόγω των απλούστερων διασυνδέσεων. Επιπλέον, έχουμε μεγαλύτερη αξιοπιστία λόγω των λιγότερων διασυνδέσεων και μικρό μέγεθος συνολικού υπολογιστικού συστήματος.

Όμως δεν παύει να μην έχει και μειονεκτήματα ο μικροελεγκτής. Κάποια από αυτά είναι:

- Η αδυναμία αλλαγής του προγράμματος διότι είναι γραμμένο στην ROM.
- Η δυσκολία προγραμματισμού του.
- Έχει μεγάλο χρόνο ανάπτυξης. Για να ολοκληρωθεί ένα προϊόν μπορεί να απαιτηθεί από μια βδομάδα έως και ένα χρόνο.

1.1.5 Διαδεδομένες κατηγορίες μικροεπεξεργαστών

Λόγω της τάσης ενσωμάτωσης των μικροελεγκτών σε κάθε ηλεκτρική και ηλεκτρονική συσκευή αλλά και του ισχυρότατου ανταγωνισμού, έχει γίνει παραγωγή ανταγωνιστικών μοντέλων μαζικής παραγωγής καθώς και παραγωγή μικροελεγκτών για πιο εξειδικευμένες εφαρμογές. Έτσι διακρίνονται οι εξής κατηγορίες:

- Μικροελεγκτές (καμία φορά 4bit αλλά συνήθως 8bit) πολύ χαμηλού κόστους ,γενικής χρήσης, με πολύ μικρό αριθμό ακροδεκτών (ακόμη και λιγότερους από 8). Για να μην μπορεί να αντιγραφεί εύκολα το εσωτερικό λογισμικό τους σχεδιάζονται με έμφαση στην χαμηλή κατανάλωση ισχύος και την αυτάρκεια. Απουσιάζει η δυνατότητα επέκτασης της μνήμης τους. Μερικά μοντέλα είναι ευρέως γνωστά στους ερασιτέχνες

ηλεκτρονικούς, όπως πχ οι περισσότεροι μικροελεγκτές των σειρών PIC (Microchip), AVR (Atmel) και 8051 (Intel, Atmel, Dallas κα.).

- Μικροελεγκτές (συνήθως 8 αλλά και 16 ή 32bit) χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης, με μέτριο έως σχετικά μεγάλο αριθμό ακροδεκτών. Διαθέτουν μεγάλο αριθμό κοινών περιφερειακών, όπως θύρες URTS, I²C, SPI ή CAN, μετατροπές αναλογικού σε ψηφιακό και ψηφιακού σε αναλογικό. Στους κατασκευαστές τις Άπω Ανατολής (Ιαπωνία, Κορέα), συνηθίζεται η ενσωμάτωση ελεγκτών οθόνης υγρών κρυστάλλων και πληκτρολογίου. Μερικές φορές παρέχουν δυνατότητα εξωτερικής επέκτασης της μνήμης τους .
- Μικροελεγκτές (κυρίως 32 bit) μέσου κόστους, γενικής χρήσης, με μεγάλο αριθμό ακροδεκτών. Χαρακτηρίζονται από έμφαση στην ταχύτητα εκτέλεσης εντολών, υψηλή αυτάρκεια περιφερειακών και μεγάλες δυνατότητες εσωτερικής ή εξωτερικής μνήμης προγράμματος (FLASH) και RAM. Στο χώρο αυτό έχουν ισχυρή παρουσία οι αρχιτεκτονικές με υψηλή μεταφερσιμότητα λογισμικού (portability) από τον έναν στον άλλο κατασκευαστή. Παραδείγματος χάριν, μεταξύ των μικροελεγκτών τύπου ARM ή MIPS, το σύνολο των βασικών εντολών που αναγνωρίζει η ALU είναι ακριβώς το ίδιο, μειώνοντας έτσι τις μεγάλες αλλαγές στο λογισμικό όταν στο μέλλον ο πελάτης υιοθετήσει έναν μικροελεγκτή άλλου κατασκευαστή (αρκεί, φυσικά, να υποστηρίζει και αυτός το σύνολο εντολών ARM ή MIPS, αντίστοιχα)
- Μικροελεγκτές εξειδικευμένων εφαρμογών, οι οποίοι ενσωματώνουν συνήθως κάποιο εξειδικευμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο υλοποιείται πάντοτε σε hardware. Τέτοιοι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται σε τηλεπικοινωνιακές συσκευές όπως τα μόντεμ.

Η μεγάλη μερίδα πωλήσεων των μικροελεγκτών εξακολουθεί να αφορά αυτούς των 8bit, καθώς και είναι κατηγορία με το χαμηλότερο κόστος και το μικρότερο μέγεθος λογισμικού για το ίδιο αποτέλεσμα, ιδίως επειδή οι σύγχρονες οικογένειες μικροελεγκτών 8bit έχουν πολύ βελτιωμένες επιδόσεις σε σχέση με το παρελθόν.

1.1.6 Εργαλεία ανάπτυξης και γλώσσες προγραμματισμού.

Πολύ μεγάλο ρόλο στην επιτυχία έχει η διαθεσιμότητα και η ευχρηστία των σχετικών εργαλείων ανάπτυξης, όπως μεταφραστές από γλώσσες υψηλού επιπέδου σε γλώσσα κατανοητή από τον μικροελεγκτή (Assembly), προγραμματιστές της εσωτερικής μνήμης και εργαλεία εκσφαλμάτωσης (Debugger). Τα εργαλεία αυτά δεν αποτελούνται ποτέ μόνο από το

λογισμικό, καθώς δεν υπάρχει τυποποιημένος τρόπος επικοινωνίας με τους μικροελεγκτές. Στον τομέα των εργαλείων ανάπτυξης, δραστηριοποιούνται οι κατασκευαστές μικροελεγκτών και οι εξειδικευμένες εταιρείες.

Η C, η C++ και οι παραλλαγές αυτής είναι από τις πιο γνωστές γλώσσες προγραμματισμού των μικροελεγκτών. Η Assembly μπορεί να αξιοποιηθεί σε τμήματα του λογισμικού όπου απαιτείται ταχύτητα ή μικρό μέγεθος χρησιμοποιούμενης μνήμης. Όμως, οι μεγαλύτερες απαιτήσεις σε λειτουργικότητα και η ευκολία προγραμματισμού της C έναντι της Assembly, σε συνδυασμό με την επάρκεια μνήμης των μικροελεγκτών τελευταίας τεχνολογίας, έχουν ξεχωρίσει την Assembly από τις περισσότερες εφαρμογές.

1.1.7 Κατασκευαστές μικροελεγκτών

Οι κατασκευαστικές εταιρείες παράγουν μεγάλη ποικιλία μικροελεγκτών. Από πολύ μικρούς και φθηνούς για απλές εφαρμογές έως και ιδιαίτερα εξελιγμένους, για πολύ απαιτητικές εφαρμογές. Μερικοί γνωστοί κατασκευαστές μικροελεγκτών είναι οι:

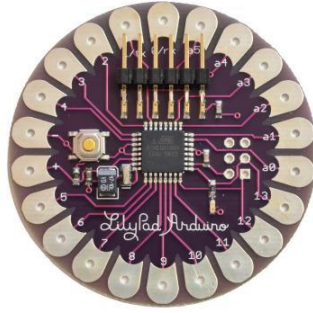
- -ARM (παραχωρεί μόνο δικαιώματα χρήσης του πυρήνα χωρίς κατασκευή)
- -Atmel
- -Epson
- -Freescale Semiconductor (πρώην Motorola)
- -Hitachi
- -Maxim (μετά την εξαγορά Dallas)
- -Microchip
- -NEC
- -Toshiba
- -Texas Instruments
- -Intel
- -Analog Devices

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ARDUINO

2.1.1 Η ιστορία του

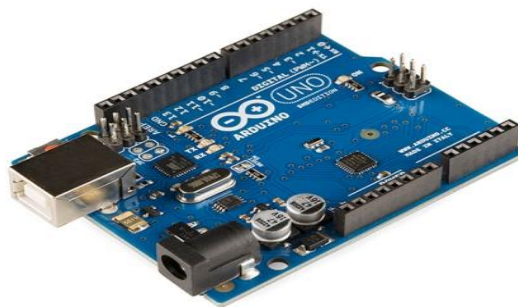
Το Arduino εμφανίστηκε το 2003 [7] [8], από τον καθηγητή ο Massimo Banzi στο ινστιτούτο σχεδιασμού αλληλεπίδρασης στην πόλη Ivrea της Ιταλίας. Θέλησε να καταστήσει εύκολη τη μάθηση των ηλεκτρονικών για τους μαθητές. Ήθελε να κάνουν πράγματα από μόνοι τους, από το να ακούνε μόνο θεωρικά χωρίς να κάνουν κάτι στη πράξη. Με την βοήθεια του David Cuatrecasas, μηχανικό του Πανεπιστημίου Malmo, αποφάσισαν μαζί να φτιάξουν έναν μικροελεγκτή που θα ήταν πιο προσιτός ως προς τη χρήση του. Το λογισμικό γράφτηκε από δύο φοιτητές. Ο Gianluca Martino, ηλεκτρολόγος μηχανικός, κλήθηκε να κάνει μια αρχική παρτίδα των 200 μικροελεγκτών. Το πρώτο Arduino ονομάστηκε “Serial Arduino” και περιελάμβανε μία ATmega8 με άμεση σύνδεση RS-232 με το μικροελεγκτή και όλα τα συστατικά του. Στη συνέχεια σχεδιάστηκε η έκδοση 2.0 και μια μονόπλευρη εκδοχή σαφέστερη για τους ερασιτέχνες. Οι επόμενες εκδόσεις ήταν FTDI USB μετατροπέα. Ύστερα του USB v1.0 ή v2.0, κυκλοφόρησε το Arduino Extreme όπου αύξησε την ποσότητα εξαρτημάτων στην επιφάνεια. Το Arduino Nuova Generazione έχει απλούστερο μετατροπέα USB και μετατρέπεται από ATmega8 σε ATmega168. Οι βελτιώσεις αυτές συνεχίστηκαν με το Diecimila, το Duemilanove και το Uno αντικαθιστώντας τον FTDI ATmega8U2 μετατροπέα, ο οποίος περιέχει έναν ελεγκτή USB και αναβαθμίζει τον μικροελεγκτή ATmega328. Στη τελευταία έκδοση του βασικού Arduino Leonardo, δεν χρησιμοποιείται ο ίδιος μετατροπέας αλλά μια αναβάθμιση, το ATmega32U4, όπου περιέχει ένα ελεγκτή USB ο οποίος κάνει τον σχεδιασμό του πιο εύκολο σε μεγάλο βαθμό. Υπάρχουν φυσικά και πιο εξειδικευμένες εκδόσεις. Οι μικρότερες είναι, Mini και Nano, όπου επιτρέπουν μικρότερες εγκαταστάσεις. Υπάρχουν μεγαλύτερες εκδόσεις, ATmega1260 και το ATmega2560, για μεγαλύτερη επέκταση. Μερικές εκδόσεις είναι γνωστές για κάποια χαρακτηριστικά τους. Για παράδειγμα, το Arduino BT για την συνδεσιμότητα του με Bluetooth και το Arduino Ethernet για σύνδεση με LAN, το οποίο έχει υποστήριξη για Power πάνω από το Ethernet, εάν με μια add-on μονάδα έχει εγκατασταθεί στο πλακίδιο. Το Arduino LilyPad (Εικόνα 3) έχει κατασκευαστεί για την ευελιξία. Μπορούν να συνδεθούν έξι (6) προστασίες όπως Wi-Fi, Ethernet, Wireless, Motor και Proto για προτυποποίηση. Η Wireless ασπίδα έρχεται είτε με υποδοχή SD ή χώρο πρωτοτύπων και έχει κεφαλίδες για τη σύνδεση των μονάδων που χρησιμοποιούν το XBee αποτύπωμα. Το Motor έχει την δυνατότητα να ελέγχει δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος.



Εικόνα 3 LilyPad

2.1.2 Τι είναι το Arduino;

Το Arduino είναι ένας μικροελεγκτής μονής πλακέτας [8]. Μια απλή πλακέτα ανοικτού κώδικα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή εισόδου-εξόδου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη διάφορων έργων, διαδραστικών αντικειμένων καθώς και να συνδεθεί με τον υπολογιστή μέσω Processing, Max/MSP, Pure Data, Supercollider. Ουσιαστικά, πρόκειται για ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega, της Atmel, και όλα του τα σχέδια καθώς και το software που χρειάζεται για τη λειτουργία του, μπορούν να βρεθούν εύκολα και δωρεάν ώστε να μπορεί να κατασκευαστεί από τον χρήστη. Αφού συναρμολογηθεί, μπορεί να θεωρηθεί ως ένας μικροσκοπικός υπολογιστής, εφόσον ο χρήστης μπορεί πάνω του να συνδέσει πολλές μονάδες εισόδου-εξόδου και να προγραμματίσει τον μικροελεγκτή να δέχεται δεδομένα από την είσοδο και να τα επεξεργάζεται που να καταλήγουν στις σωστές εντολές εξόδου.



Εικόνα 4 Arduino Uno

2.1.3 Γλώσσα Προγραμματισμού

Η γλώσσα προγραμματισμού είναι η Wiring [9] η οποία είναι αρκετά εύκολη στη σύνταξη και παρέχεται σε πλατφόρμες όπως: Linux, MAC και Windows με την άδεια χρήσης GPL. Το κύκλωμα της πλακέτας του Arduino διατίθεται με άδεια χρήσης Creative Commons, το οποίο σημαίνει ότι καθένας μπορεί να φτιάξει την δική του πλακέτα όπως επιθυμεί. Το

Arduino λειτουργικά μοιάζει με το NXT Brick των Lego Mindstorms NXT. Το Arduino χρησιμοποιείται αρκετά στη ρομποτική.

2.1.4 Εκδόσεις, Μοντέλα και Shields Arduino

Το Arduino κυκλοφόρησε πολλές ανεπίσημες και επίσημες εκδόσεις [10]. Οι επίσημες εκδόσεις είναι:

Serial Arduino, προγραμματισμένο με μία σειριακή DE-9 σύνδεση χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega8.

Arduino Extreme, με ένα USB interface για προγραμματισμό χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega8.

Arduino Mini, μία έκδοση μινιατούρας του Arduino χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega168.

Arduino Nano, ένα ακόμα πιο μικρό, USB τροφοδοτούμενη έκδοσή του Arduino χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega168 (ATmega328 για την νεότερη έκδοση).

Το LilyPad Arduino, ένα μινιμαλιστικό σχέδιο για εφαρμογές ένδυσης και E-textiles χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega328.

Το Arduino NG, με ένα USB interface για προγραμματισμό και χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega8.

Το Arduino NG plus, με ένα USB interface για προγραμματισμό και χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega168.

Το Arduino Bluetooth, με Bluetooth interface για προγραμματισμό χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega168.

Το Arduino Diecimila, με ένα USB interface και χρησιμοποιεί τεχνολογία ATmega168 σε ένα DIP28 πακέτο.

Το Arduino Duemilanove (“2009”), χρησιμοποιεί τεχνολογία ATmega168 (ATmega328 για την καινούργια έκδοση) και τροφοδοτείται μέσω ενέργειας USB/DC, αυτόματα εναλλασσόμενης.

Το Arduino Mega, χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega1280 για περαιτέρω I/O και μνήμη.

Το Arduino Uno, χρησιμοποιώντας την ίδια τεχνολογία ATmega328 όπως το τελευταίο μοντέλο Duemilanove. Ενώ το Duemilanove χρησιμοποιεί ένα FTDI chipset για το USB, το Uno χρησιμοποιεί τεχνολογία ATmega8U2 προγραμματισμένο ως σειριακός μετατροπέας.

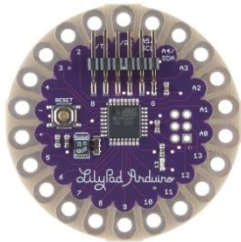


Το Arduino Mega2560, χρησιμοποιεί τεχνολογία surface-mounted ATmega2560 φέρνοντας την ολική μνήμη στα 256kB. Επίσης ενσωματώνει τη νέα τεχνολογία ATmega8U2 (ATmega16U2 σε αναθεώρηση τύπου 3) USB chipset.




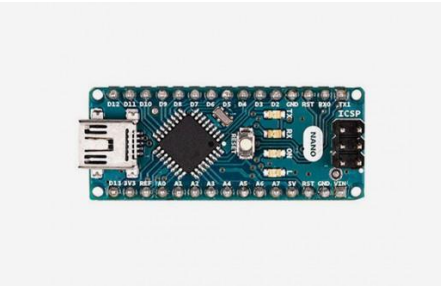
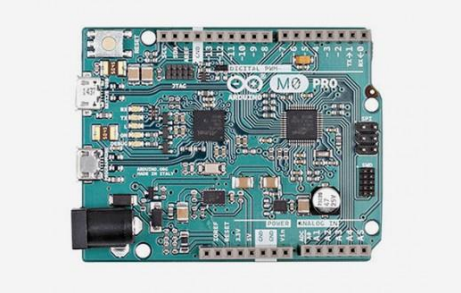
Το Arduino Leonardo, με ένα ATmega32U4 chip που εξαλείφει την ανάγκη για συνδεσιμότητα μέσω USB και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ψηφιακό πληκτρολόγιο ή ποντίκι.

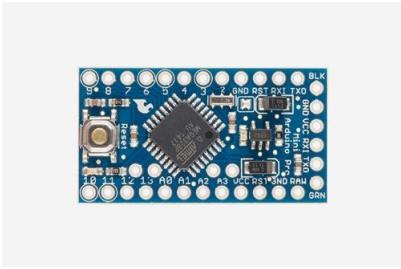

Το Arduino Esplora, η εμφάνιση του παραπέμπει σε χειριστήριο κονσόλας βιντεοπαιχνιδιών με joystick και ενσωματωμένους αισθητήρες για ήχο, φως, θερμοκρασία και επιτάχυνση.

Το Arduino Due είναι ένα μικροχειριστήριο board βασισμένο στην τεχνολογία Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU. Είναι το πρώτο board της Arduino βασισμένη σε επεξεργαστή 32-bit ARM microcontroller. Κυρίως για αγορά συνιστάται το Arduino Duemilανone ή τουλάχιστον των Diecimila ή Mega επειδή διαθέτουν υποδοχή USB και είναι συμβατές με τα Shield. Για τους ίδιους λόγους, από τις ανεπίσημες (μερικές: Freeduino, Boarduino, Sanguino, Seeduino, BBB, RBBB κ.α.) συνιστάται μόνο το Freeduino v1.16 και το Seeduino.

Παρακάτω φαίνονται τα μοντέλα σε εικόνες:

Arduino	Εικόνα
LilyPad	
Ethernet	
Leonard	

Mega 2560	 The image shows an Arduino Mega 2560 board. It is a large green PCB with a USB Type-B port on the left, a DC power jack, and a large ATmega2560 microcontroller chip in the center. The board features 54 digital pins and 154 analog pins.
Mega ADK	 The image shows an Arduino Mega ADK board. It is a green PCB with a USB Type-A port on the left, a DC power jack, and an ATmega2560 microcontroller chip. It includes an integrated USB-to-UART bridge and a USB-to-Bluetooth module.
Fio	 The image shows an Arduino Fio board. It is a small, blue PCB with a USB Type-B port on the right side and a DC power jack. It features an ATmega328P microcontroller and is designed for use in small, portable devices.
Nano	 The image shows an Arduino Nano board. It is a small, green PCB with a USB Type-B port on the left and a DC power jack on the right. It features an ATmega328P microcontroller and is designed for use in small, portable devices.
Pro	 The image shows an Arduino Pro board. It is a green PCB with a USB Type-B port on the left, a DC power jack, and an ATmega328P microcontroller chip. It features a USB-to-UART bridge and a USB-to-Bluetooth module.

Pro Mini	
Uno	

Πίνακας 2 Μοντέλα Arduino

Παρακάτω φαίνονται χρονολογικά σύμφωνα με τις εμφανίσεις τους:


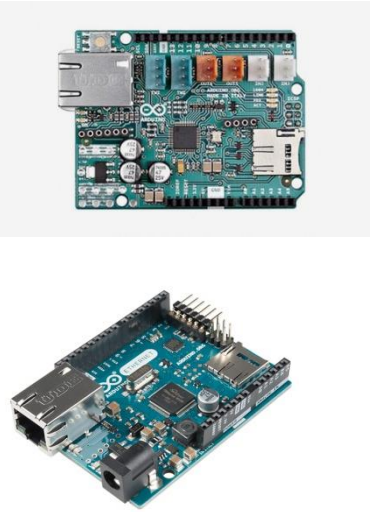
Σεπτέμβριο 2006	Ανακοινώθηκε το Arduino Mini
Οκτώβριο 2008	Ανακοινώθηκε το Arduino Duemilanove. Αρχικά βασίστηκε στο Atmel Atmega168, αλλά μετά στάλθηκε με το ATmega328
Μάρτιο 2009	Ανακοινώθηκε το Arduino Mega. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega1280
Μάιο 2011	Πάνω από 300.000 Arduino ήταν σε χρήση σε όλο τον κόσμο
Ιούλιο 2012	Ανακοινώθηκε το Arduino Leonardo. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega32u4
Οκτώβριο 2012	Ανακοινώθηκε το Arduino Due. Είναι βασισμένο στο Atmel SAM3X8E, που είχε πυρήνα ARM Cortex-M3
Νοέμβριο 2012	Ανακοινώθηκε το Arduino Micro. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega32u4
Μάιο 2013	Ανακοινώθηκε το Arduino Robot. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega32u4 και ήταν το πρώτο επίσημο Arduino με ρόδες


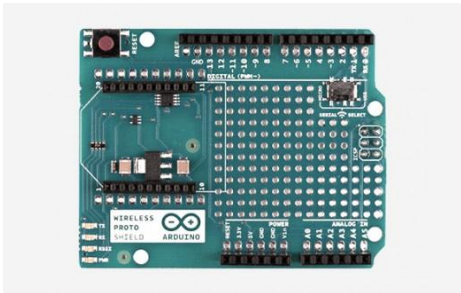
Μάιο 2013


Ανακοινώθηκε το Arduino Yun. Είναι βασισμένο στο ATmega32u4 και στο Atheros AR9331 και ήταν το πρώτο προϊόν Wi-Fi που συνδύαζε το Arduino με το Linux.

Πίνακας 3 Χρονολογική εμφάνιση

Φυσικά υπάρχουν και τα Shield. Τα Arduino και τα συμβατά boards, χρησιμοποιούν την τεχνολογία των shields, τυπωμένων boards επεκτάσεων κυκλωμάτων που συνδέονται στα κανονικά παρεχόμενα Arduino pin-headers. Τα shields μπορούν να παρέχουν έλεγχο στα motors, GPS, Ethernet, LCD εικόνας ή breadboarding. Ένας αριθμός από shields μπορεί επίσης να γίνει και κομμάτι-κομμάτι, συναρμολογώντας το, από τον χρήστη. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται πιο αναλυτικά:

Arduino Wi-Fi Shield	 A green printed circuit board (PCB) with various electronic components. It features a central microcontroller, a USB Type-B port, a USB Type-A port, and a micro-USB port. The board is labeled 'ARDUINO YUN' and 'Wi-Fi SHIELD'.	Ασύρματη σύνδεση στο διαδίκτυο.
Arduino Ethernet Shield	 Two views of an Arduino Ethernet Shield. The top view shows the board with an Ethernet port, a USB Type-B port, and a micro-USB port. The bottom view shows the board with a USB Type-A port and a micro-USB port.	Το συνδέει στο διαδίκτυο με RJ45 καλώδιο

<p>Arduino SD Shield</p>		<p>Ασύρματη επικοινωνία με ασύρματη μονάδα με το Arduino. Η μονάδα μπορεί να επικοινωνήσει έως και 30,5m σε εσωτερικούς χώρους ή ως 91,4m σε εξωτερικούς χώρους. Η μονάδα περιλαμβάνει μια θύρα υποδοχής SD</p>
<p>Arduino Proto Shield</p>		<p>Επιτρέπει σε έναν πίνακα Arduino να επικοινωνεί ασύρματα χρησιμοποιώντας μια ασύρματη μονάδα. Βασίζεται στις μονάδες XBee της Digi , αλλά μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιαδήποτε μονάδα με το ίδιο αποτύπωμα. Μπορεί να επικοινωνήσει έως και 30,5m σε εσωτερικούς χώρους ή 91,4m σε εξωτερικούς χώρους (με οπτική επαφή). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αντικατάσταση Serial/USB.</p>

<p>Arduino Motor Shield</p>		<p>Επιτρέπει την οδήγηση δύο DC κινητήρων από την συσκευή ελέγχοντας τη ταχύτητα και την κατεύθυνση τους ξεχωριστά.</p>
-----------------------------	--	---

Πίνακας 4 Λεπτομέρειες Shields Arduino

2.2 Ανάλυση Arduino

2.2.1 HARDWARE

Μια πλακέτα Arduino διαθέτει μικροελεγκτή Atmel AVR 8bit, με συμπληρωματικά στοιχεία για την εύκολη χρήση προγραμματισμού και την ενσωμάτωση σε άλλα κυκλώματα [11] [12]. Μια σημαντική πλευρά του Arduino είναι ο τρόπος που εκτίθενται οι σύνδεσμοι, επιτρέποντας έτσι στην πλακέτα CPU να συνδεθεί με ποικιλίες εναλλάξιμων add-on-modules, Shields (ασπίδες). Μερικά Shield επικοινωνούν με την πλακέτα Arduino με διάφορα pins που τα συνδέουν. Πολλά Shield είναι ρυθμισμένα μεμονωμένα μέσω ενός I²C Serial Bus, επιτρέποντας, έτσι ώστε να στοιβάζονται και να χρησιμοποιούνται την ίδια χρονική στιγμή. Το αυθεντικό Arduino χρησιμοποιεί mega AVR των chip, και πιο συγκεκριμένα το ATmega8, ATmega328, ATmega1280 και το ATmega2560. Πολλοί επεξεργαστές έχουν χρησιμοποιηθεί συμβατά από τον Arduino [13].

Οι περισσότερες πλακέτες περιλαμβάνουν 5 Volt γραμμικού ρυθμιστή και 16 MHz ταλαντωτή κρυστάλλου (ή κεραμικό αντηχείο σε ορισμένες παραλλαγές), βέβαια ορισμένα σχέδια, όπως το LilyPad λειτουργούν στα 8MHz και αποδίδουν με τον ενσωματωμένο ρυθμιστή τάση λόγω ειδικής μορφής περιορισμού. Ο μικροελεγκτής του είναι προγραμματισμένος με έναν φορτωτή εκκίνησης όπου απλοποιεί την μεταφορά των προγραμμάτων για την n-chip μνήμη flash, σε αντίθεση με άλλες συσκευές που συνήθως χρειάζονται έναν εξωτερικό προγραμματιστή. Όταν χρησιμοποιείται η στοίβα λογισμικού του Arduino, όλες οι πλακέτες έχουν προγραμματιστεί πάνω από μια RS-232 σειριακή σύνδεση, αλλά ο τρόπος που αυτό εκτελείται εξαρτάται ανάλογα με την έκδοση του εξοπλισμού. Κάποιες πλακέτες Arduino αποτελούνται από ένα απλό κύκλωμα επιλογή για την μετατροπή ανάμεσα στο επίπεδο RS-232 και επίπεδο TTL σημάτων. Οι υπάρχουσες πλακέτες Arduino μπορούν να

προγραμματιστούν με USB, σειριακό chip προσαρμογέα όπως το FTDI FT232. Μερικές παραλλαγές, όπως Arduino Mini και το ανεπίσημο Boarduino, χρησιμοποιούν ένα αποσπώμενο USB ή σε καλώδιο ή σε πλακέτα σειριακού μετασχηματιστή, Bluetooth ή άλλους τρόπους.

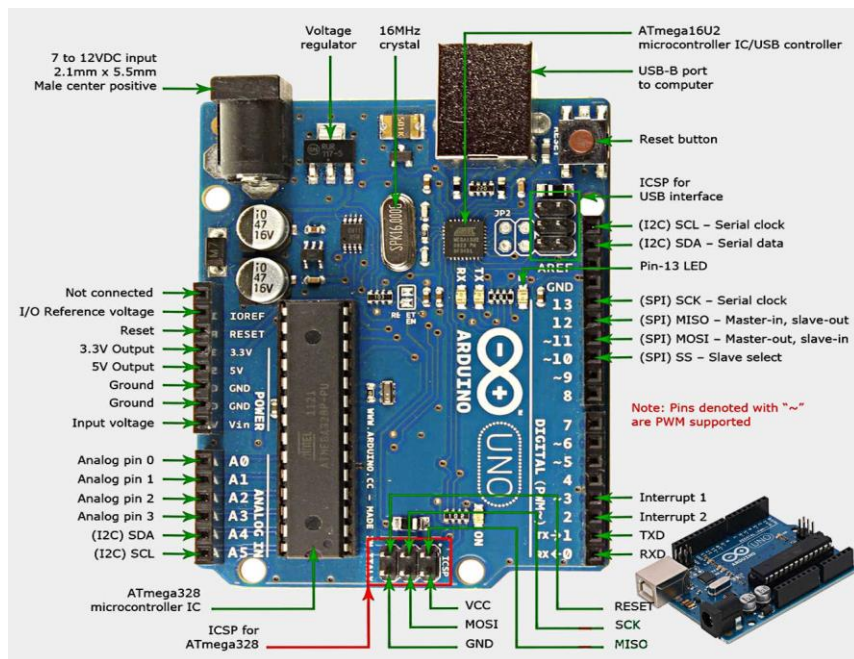
Η πλακέτα διαθέτει περισσότερα pins I/O του μικροελεγκτή για χρήση από άλλα κυκλώματα. Η Diecimila, Duemilanove και η γνωστή πλακέτα Uno έχει 14 ψηφιακά pins I/O, οι 6 μπορούν να παράγουν με διαμόρφωση εύρους παλμού σήματα, και 6 αναλογικές εξόδους. Αυτά τα Pin είναι στην κορυφή της πλακέτας, μέσω θηλυκό 0,1 ιντσών ακίδες. Το Arduino Nano και το Arduino Mega που είναι συμβατά με τη Bare Bones πλακέτα και τη Boarduino μπορούν να παρέχουν αρσενικά pin header στο κάτω μέρος της και να συνδεθεί σε solderless breadboards.

2.2.4 Χαρακτηριστικά Arduino Uno.

Ο παρακάτω πίνακας αφορά τα χαρακτηριστικά του Arduino Uno

Μικροελεγκτής	ATmega328
Τάση Λειτουργίας	5 V
Τάση εισόδου	7-12 V
Όρια τάσης	6-20 V
Ψηφιακοί ακροδέκτες I/O	14 (εκ των 6 παρέχουν PWM έξοδο)
Ψηφιακοί ακροδέκτες εισόδου	6
DC ρεύμα ανά I/O ακροδέκτη	40 mA
DC ρεύμα για 3,3V ακροδέκτη	50 mA
Μνήμη Flash	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Ταχύτητα ρολογιού	16 MHz

Πίνακας 5 Χαρακτηριστικά Arduino Uno



Εικόνα 5 Λεπτομέρειες πλακέτας Arduino Uno

- Ακροδέκτες Arduino.** [10] Διαθέτει σειριακό interface. Ο μικροελεγκτής ATmega υποστηρίζει σειριακή επικοινωνία την οποία το Arduino προωθεί μέσα από έναν ελεγκτή Serial-over-USB ώστε να επικοινωνεί με τον υπολογιστή μέσω USB. Η σύνδεση αυτή είναι για την μεταφορά προγραμμάτων αλλά και για την αντίστροφη επικοινωνία. Στην επάνω πλευρά του Arduino βρίσκονται 14 θηλυκά pin, αριθμημένα από το 0 έως το 13, μπορούν να λειτουργήσουν ως ψηφιακές είσοδοι και έξοδοι . Λειτουργούν στα 5 Volt και καθένα μπορεί να παρέχει ή να δεχτεί μέχρι 40mA. Ως ψηφιακή έξοδος, τα pin αυτά μπορούν να τεθούν από το πρόγραμμα σε κατάσταση HIGH ή LOW, οπότε αυτό θα γνωρίζει αν μπορεί να παρέχει ή όχι ρεύμα στο συγκεκριμένα ακροδέκτη. Αν δηλωθεί ένα από τα pin ως ψηφιακή είσοδο μέσα από το πρόγραμμα μπορεί με την κατάλληλη εντολή να διαβάσει την κατάσταση του (HIGH ή LOW) ανάλογα εάν η εξωτερική συσκευή που έχει συνδεθεί με το pin παρέχει ή όχι ρεύμα στο pin.

Μερικά από τα 14 pin έχουν και δεύτερη λειτουργία, εκτός από ψηφιακές. Πιο αναλυτικά:

- Τα pin 0 και 1 λειτουργούν ως RX και TX της σειριακής όταν το πρόγραμμα ενεργοποιεί την σειριακή θύρα. Όταν το πρόγραμμα στέλνει δεδομένα στη σειριακή, αυτά προωθούνται στην θύρα USB μέσω ενός ελεγκτή Serial-Over-USB αλλά και στο pin 0. Αυτό φυσικά σημαίνει ότι αν στο πρόγραμμά

ενεργοποιηθεί το σειριακό interface, δεν γίνεται να χρησιμοποιηθούν δύο ψηφιακές εισόδους.

- Τα pin 3,5,6,9,10 και 11 μπορούν να λειτουργήσουν και ως ψευδοαναλογικές έξοδοι με PWM (Pulse Width Modulation). Έτσι, μπορεί να συνδεθεί, για παράδειγμα ένα LED σε κάποιο από αυτά τα pin και να ελεγχθεί πλήρως η φωτεινότητα του αναλυτή 8bit (255 καταστάσεις από 0-σβηστό ως 255-πλήρως αναμμένο) αντί να «δίνεται» απλά την δυνατότητα αναμμένο-σβησμένο που έχουν οι υπόλοιπες ψηφιακές έξοδοι. Είναι σημαντικό να κατανοηθεί ότι το PWM δεν είναι πραγματικό αναλογικό σύστημα και ότι θέτοντας στην έξοδο την τιμή 127, ότι η έξοδος δεν θα δίνει 2.5 Volt αντί της κανονικής των 5 Volt¹, αλλά ένα παλμό που θα εναλλάσσεται με μεγάλη συχνότητα και για ίσους χρόνους μεταξύ 0 και 5 Volt.

Στην κάτω πλευρά του, με τη σήμανση ANALOG IN, υπάρχει μια ακόμη σειρά από 6 ακροδέκτες από το 0 ως το 5. Το καθένα από αυτά λειτουργεί ως αναλογική είσοδος κάνοντας την χρήση του AC (Analog to Digital Converter) που είναι ενσωματωμένο στον μικροελεγκτή. Καθένα από αυτά τα 6 pin, με προ απαιτούμενη εντολή μέσα από το πρόγραμμα μπορεί να μετατραπεί σε ψηφιακό pin εισόδου/εξόδου. Το ίδιο ισχύει και για τα 14 pins που βρίσκονται στην απέναντι πλευρά. Στην προκειμένη περίπτωση τα pin μετονομάζονται από 0-5 σε 14-19 αντίστοιχα.

- **Τροφοδοσία.** Το Arduino Duemilanove τροφοδοτείται είτε από εξωτερική τροφοδοσία είτε απευθείας θύρα USB. Ως εξωτερική τροφοδοσία ορίζεται ή με μια μπαταρία ή με έναν μετασχηματιστή των 9 Volt από 220Volt. Η μπαταρία μπορεί να συνδεθεί στο Arduino, από τις υποδοχές Vin και GND όπου τοποθετείται ο θετικός και ο αρνητικός πόλος αντίστοιχα. Αν τροφοδοτήσουμε με μετασχηματιστή, τοποθετούμε το βύσμα στην υποδοχή με τον θετικό πόλο. Μπορεί να λειτουργήσει με εξωτερική πηγή 6 έως 20 Volts. Αν τροφοδοτηθεί με λιγότερο από 7 Volt τα pin εξόδου 5 Volt δεν θα καταφέρουν να «δώσουν» την τάση 5 Volt. Αν όμως δώσουμε πάνω από 12 Volt θα υπερθερμανθεί ο σταθεροποιητής τάσης στην πλακέτα και υπάρχει πιθανότητα καταστροφής. Ιδανική τάση είναι 9 Volts.

¹ 5 volt αντιστοιχεί σε 255 και τα 0 Volt σε 0. Τα 2,5 Volt είναι 127, τα μισά δηλαδή.



Εικόνα 6 Τροφοδοσία

Οι ακροδέκτες τροφοδοσίας είναι :

- **VIN**--Ακροδέκτης για μη σταθεροποιημένη τάση. Συνήθως συνδέεται μια εξωτερική πηγή τροφοδοσίας.
- **5Volt**--Ακροδέκτης σταθεροποιημένης τάσης 5Volt. Χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του μικροελεγκτή ή αλλιώς ηλεκτρονικών στοιχείων.
- **3.3 Volt** – Το ολοκληρωμένο FTDI που βρίσκεται στην πλακέτα του Arduino παράγει τάση 3.3 V με μέγιστο ρεύμα 50mA.
- **GND** Ακροδέκτης γείωσης.



Εικόνα 7 Τροφοδοσία με μπαταρία

- **Μνήμη.** Ο μικροεπεξεργαστής ATmega328 έχει τρεις μονάδες μνήμης. Διαθέτει flash memory, όπου αποθηκεύονται τα Arduino sketch, SRAM (static random access memory), όπου δημιουργείται το sketch και χρησιμοποιεί μεταβλητές όταν τρέχει, και EEPROM που χρησιμοποιεί τους προγραμματιστές προς αποθήκευση μεγάλων πληροφοριών.
 - 2KB μνήμης **SRAM**, η ωφέλιμη μνήμη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το πρόγραμμα για να αποθηκεύει μεταβλητές, πίνακες κ.λπ. Η μνήμη χάνει τα δεδομένα της όταν η παροχή ρεύματος διακοπή ή γίνει reset.
 - 1KB μνήμης **EEPROM**, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εγγραφή ή/ και ανάγνωση δεδομένων από τα προγράμματα. Δεν χάνει τα δεδομένα της κατά την διακοπή τροφοδοσίας ή την επανεκκίνηση.

- 32Kb μνήμης **Flash**, από τα οποία τα 2Kb χρησιμοποιούνται από το firmware του Arduino που έχει εγκατασταθεί από τον κατασκευαστή του. Το firmware αυτό, που στην ορολογία του Arduino ονομάζεται bootloader, είναι αναγκαίο για την εγκατάσταση των προγραμμάτων, που επιθυμεί ο χρήστης, στον μικροελεγκτή μέσω της θύρας USB, χωρίς δηλαδή να χρειάζεται εξωτερικούς hardware programmer. Τα υπόλοιπα 30 Kb της μνήμης Flash χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση αυτών ακριβώς των προγραμμάτων, αφού πρώτα μεταγλωττιστούν στον υπολογιστή. Η μνήμη flash όπως και η EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενα της με την απώλεια τροφοδοσίας ή reset. Επίσης, η μνήμη flash υπό-κανονικές συνθήκες δεν προορίζεται για χρήση runtime μέσα από τα προγράμματα λόγω της μικρής συνολικής μνήμης που είναι διαθέσιμη σε αυτά (2Kb SRAM+ 1kb EEPROM), έχει σχεδιαστεί μνήμη που επιτρέπει την χρήση όσου χώρου περισσεύει (30Kb μείον το μέγεθος του προγράμματος μας σε μεταγλωττισμένη μορφή).
- **Ενσωματωμένα κουμπιά –LED.** Πάνω στο Arduino υπάρχει ένας διακόπτης micro-switch και 4 μικροσκοπικά LED επιφανειακής στήριξης. Η λειτουργία του διακόπτη, RESET, και ενός με την ονομασία POWER είναι κατανοητή από τις ονομασίες. Τα δύο LED, RX και TX χρησιμοποιούνται ως ένδειξη λειτουργίας του σειριακού interface ανάβουν όταν το Arduino στέλνει ή λαμβάνει δεδομένα μέσω του USB. Τα LED αυτά ελέγχονται από τον ελεγκτή Serial-Over-USB και έτσι δεν λειτουργούν όταν η σειριακή επικοινωνία γίνεται μόνο μέσω των ψηφιακών pin 0 και 1. Υπάρχει και ένα LED με τη σήμανση L. Η βασική λειτουργία του Arduino είναι να αναβοσβήνει ένα LED. Για να μπορεί ο χρήστης να το κάνει αυτό χωρίς καμία άλλη σύνδεση, οι κατασκευαστές αυτού σκέφτηκαν να ενσωματώσουν ένα LED στην πλακέτα, όπου συνδέεται στο ψηφιακό pin 13. Έτσι, ακόμα και αν δεν συνδεθεί τίποτα στο pin 13, δηλώνοντάς το HIGH μέσα από το πρόγραμμα, θα ανάψει το λαμπάκι αυτό.



Εικόνα 8 L -TX -RX



Εικόνα 9 Power LED



Εικόνα 10 Reset Button

2.2.5 SOFTWARE

Το ενσωματωμένο περιβάλλον ανάπτυξης Arduino (IDE) είναι μια εφαρμογή πολλαπλών πλατφόρμων (για Windows, macOS και Linux) που είναι γραμμένη στη γλώσσα προγραμματισμού Java. Προήλθε από το IDE για τις γλώσσες Processing και το σχέδιο Wiring.. Περιλαμβάνει έναν επεξεργαστή κώδικα με δυνατότητες όπως κοπή και επικόλληση κειμένου, αναζήτηση και αντικατάσταση κειμένου, αυτόματη εσοχή, αντιστοίχιση αγκύλων και επισήμανση σύνταξης και παρέχει απλούς μηχανισμούς με ένα κλικ για τη μεταγλώττιση και τη μεταφόρτωση προγραμμάτων σε έναν Arduino. Περιλαμβάνει επίσης μια περιοχή μηνυμάτων, μια κονσόλα κειμένου, μια γραμμή εργαλείων με κουμπιά (Πίνακας 6) για κοινές λειτουργίες και μια ιεραρχία μενού λειτουργίας. Ο πηγαίος κώδικας για το IDE κυκλοφορεί βάσει της άδειας GNU General Public License.

Το Arduino IDE προγραμματίζεται με τις γλώσσες C και C++. Το Arduino IDE παρέχει μια βιβλιοθήκη λογισμικού Wiring, η οποία παρέχει πολλές κοινές διαδικασίες εισόδου και εξόδου. Ο γραπτός κωδικός απαιτεί μόνο δύο βασικές συναρτήσεις, για την εκκίνηση του σκίτσου και του κύριου βρόχου προγράμματος, οι οποίες συντάσσονται και συνδέονται με ένα *main ()* πρόγραμμα, σε ένα κυκλικό εκτελεστικό πρόγραμμα με την αλυσίδα εργαλείων GNU, που περιλαμβάνεται επίσης στη διανομή IDE. Το Arduino IDE χρησιμοποιεί το πρόγραμμα *avrdude* για να μετατρέψει τον εκτελέσιμο κώδικα σε αρχείο κειμένου σε δεκαεξαδική κωδικοποίηση που φορτώνεται στην πλακέτα Arduino από πρόγραμμα φόρτωσης στο υλικολογισμικό της πλακέτας. Τα προγράμματα, ή αλλιώς sketches, αποθηκεύονται ως αρχεία κειμένου με την κατάληξη *.ino*.

Οι δύο βασικές συναρτήσεις είναι:

Setup (): Σε αυτό το σημείο «δηλώνονται» οι μεταβλητές που χρειάζονται για το project. Μια συνάρτηση εκτελείται μια φορά στην έναρξη ενός προγράμματος που έχει την δυνατότητα να αρχικοποιεί τις ρυθμίσεις.

Loop (): μια συνάρτηση που όταν καλείται εκτελείται συνέχεια, μέχρι να απενεργοποιηθεί η πλακέτα.

Το πιο κλασικό πρόγραμμα, και το πρώτο που μαθαίνουν νέοι χρήστες είναι ένα LED που αναβοσβήνει. Ο χρήστης μπορεί να γράψει ένα πρόγραμμα όπως το παρακάτω [14].

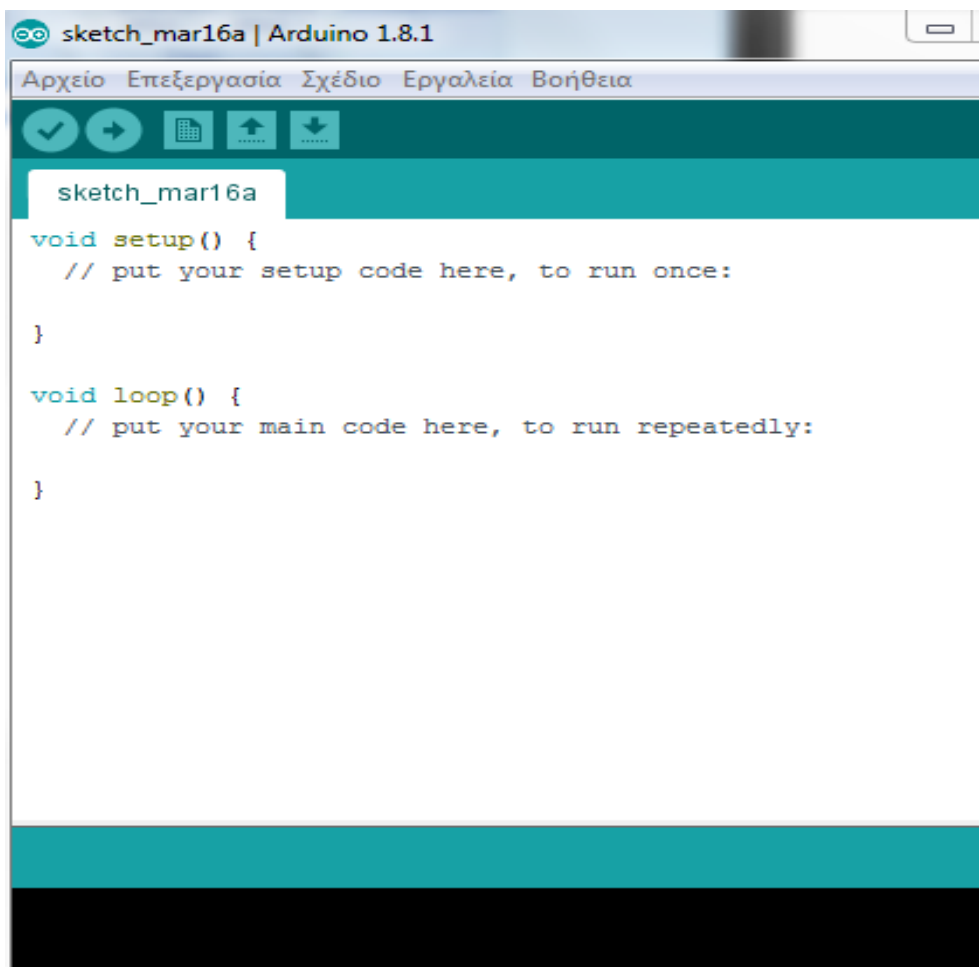
```
sketch_mar16a §  
#define LED_PIN 13  
void setup ()  
{ pinMode (LED_PIN, OUTPUT); // enable pin 13 for digital output }  
void loop ()  
{ digitalWrite (LED_PIN, HIGH); // turn on the LED  
delay (1000); // wait one second (1000 milliseconds)  
digitalWrite (LED_PIN, LOW); // turn off the LED  
delay (1000); // wait one second }
```

Εικόνα 11 Παράδειγμα μέσα από το περιβάλλον Arduino IDE

Είναι ένα χαρακτηριστικό πρότζεκτ με την πλακέτα Arduino, με ένα LED και μια αντίσταση φορτίο που συνδέονται μεταξύ του pin13 και τα γείωσης.







2.2.6 Περιβάλλον Ανάπτυξης

Το περιβάλλον ανάπτυξης(IDE) του Arduino :



Εικόνα 12 Περιβάλλον ανάπτυξης Arduino

Βασικές λειτουργίες του IDE

	Έλεγχος του κώδικα- Επικύρωση.
	Ανέβασμα του κώδικα στην πλατφόρμα.
	Δημιουργία νέου έργου.
	Άνοιγμα έργων που έχουν γίνει. Παρουσίαση αποθηκευμένων έργων, πατώντας ένα από αυτά μπορεί να γίνει η επεξεργασία του.
	Αποθήκευση έργου.
	Παρακολούθηση σειριακής πόρτας.

Πίνακας 6 Λειτουργίες του IDE

Τον Οκτωβρίου του 2019, κυκλοφόρησε το Arduino Pro IDE (Alpha preview) [15] [16] [17]. Το σύστημα εξακολουθεί να χρησιμοποιεί το Arduino CLI (Command Line Interface), αλλά οι βελτιώσεις περιλαμβάνουν ένα πιο επαγγελματικό περιβάλλον ανάπτυξης, υποστήριξη αυτόματης συμπλήρωσης και ενσωμάτωση Git. Το frontend της εφαρμογής βασίζεται στο Eclipse Theia Open Source IDE. Τα κύρια χαρακτηριστικά που διατίθενται στην έκδοση Alpha είναι:

- Σύγχρονο, πλήρως εξοπλισμένο περιβάλλον ανάπτυξης
- Διπλή λειτουργία, Κλασική λειτουργία (ίδια με το Classic Arduino IDE) και Pro Mode (προβολή συστήματος αρχείων)
- Νέα διαχείριση του Board
- Νέα Διαχείριση Βιβλιοθήκης
- Λίστα πινάκων
- Αυτόματη διόρθωση
- Git Integration
- Σειριακή οθόνη
- Σκοτεινή λειτουργία

Οι κύριες πρόσθετες λειτουργίες είναι η αυτόματη συμπλήρωση και το Git Integration και το Dark Mode. Η εταιρεία σκοπεύει να προσθέσει περισσότερες λειτουργίες, όπως το Debugger

και το Extension. Το Arduino IDE εξελίσσεται και εστιάζει τους επαγγελματίες προγραμματιστές.

2.2.6.1 Ρυθμίσεις του περιβάλλοντος ανάπτυξης – Arduino IDE

Όταν συνδεθεί το Arduino με τον υπολογιστή πρέπει να γίνουν κάποιες βασικές ρυθμίσεις:

- i. Από το μενού Tools → Board διαλέγεται η σωστή πλακέτα του κατόχου.
- ii. Από το Tools → Serial Port γίνεται επιλογή της σειριακής θύρας ή της θύρας USB που έχει συνδεθεί το Arduino.

Οι ρυθμίσεις που αφορούν το μέγεθος του κειμένου, τον φάκελο αποθήκευσης καθώς και τη χρήση εξωτερικού κειμενογράφου βρίσκονται στην καρτέλα Preferences (File → Preferences).

Στοιχεία που πρέπει να γνωρίζει ο χρήστης:

Δομή προγράμματος

Η δομή του προγράμματος είναι:

```
// Δηλώσεις Βιβλιοθηκών ,ανάλογα το project
// Δηλώσεις μεταβλητών
Void setup () {
// Αρχικοποιήσεις
}
Void loop () {
// Εντολές για την εκτέλεση του προγράμματος μας
}
```

Μεταβλητές

Μεταβλητή στην γλώσσα του προγραμματισμού ονομάζεται ένα γλωσσικό αντικείμενο που μπορεί να λάβει διάφορες τιμές (μια κάθε φορά). Οι τιμές μιας μεταβλητής περιορίζονται συνήθως σε ένα τύπο δεδομένων.

Οι βασικοί τύποι δεδομένων είναι:

1. **Byte**, αποθηκεύει μια αριθμητική τιμή 8-bit χωρίς δεκαδικά ψηφία, παίρνουν τιμές από 0 μέχρι 255.
2. **Int**, ακέραιοι, παίρνουν τιμές από -31.768 μέχρι 32767.

3. **Long**, μεγάλο μέγεθος ακέραιοι, παίρνουν τιμές από -2.147.483.648 μέχρι 2.147.483.647.
4. **Float**, πραγματικοί αριθμοί, παίρνουν ως υψηλότερη τιμή 3.4028235E + 38 και ως χαμηλότερη -3.4028235E + 38.

Τις μεταβλητές τις δηλώνουμε στην αρχή του προγράμματος, όπως: **int number ;**

Επίσης και με μία αρχική τιμή, όπως: **int number = 47;**

Σταθερές μεταβλητές

Είναι αντικείμενα τα οποία μπορούν να πάρουν μια μόνο τιμή, και δηλώνονται μαζί με την μεταβλητή: **#define ledPin 13**

Πίνακες – Arrays

Ονομάζεται η διάταξη δεδομένων μιας ή περισσότερων διαστάσεων η οποία είναι συγκεκριμένου τύπου δεδομένων. Παραδείγματος χάριν, αν υπάρχει ένας πίνακα ακέραιων 5 θέσεων του δίνεται η ονομασία array και δηλώνεται ως εξής: **int array[5];** Και φυσικά μπορεί να πάρει τιμή σε μία θέση του πίνακα: **int array[2]=45;** Το 2^ο στοιχείο παίρνει την τιμή 45. Ακόμα, μπορεί να γεμίσει ο πίνακας κατά την δήλωση του, **int array[]={12,45,25,18,6};**

Αριθμητικοί τελεστές

Οι αριθμητικοί τελεστές καλύπτουν τις βασικές πράξεις, πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμό, διαίρεση(+, -, *, /). Δηλαδή, **sum = 125 +258 ;**

Τελεστές σύγκρισης

Με τους τελεστές σύγκρισης ελέγχεται αν μια συνθήκη μεταξύ μεταβλητών ή σταθερών είναι «Αληθής». Πιο συγκεκριμένα:

x == y αν x είναι ίσο με το y

x != y αν x είναι άνισο με το y

x < y αν x είναι μικρότερο του y

x > y αν x είναι μεγαλύτερο του y

x <= y αν x είναι μικρότερο ή ίσο το y

x >= y αν x είναι μεγαλύτερο ή ίσο το y

Λογικοί Τελεστές

Με τους λογικούς τελεστές συγκρίνονται δύο ή περισσότερες εκφράσεις, δίνοντας αποτέλεσμα «Αληθής» ή «Ψευδής». Υπάρχουν τρεις λογικοί τελεστές:

Λογικό **ΚΑΙ** στον κώδικα γράφεται **&&** , είναι «αληθής» εάν όλες οι εκφράσεις είναι «αληθής»

Λογικό **Ή** στον κώδικα γράφεται **||** , είναι «αληθής» ένα μια από τις εκφράσεις είναι «αληθής»

Λογικό **ΟΧΙ** στον κώδικα γράφεται **!**, είναι «αληθής» αν η έκφραση είναι «ψευδής»

Παράδειγμα:

```
If (x>0 && x<5) {
```

```
//εντολές
```

```
}
```

Στο κώδικα αυτό γίνεται έλεγχος αν το x είναι μεγαλύτερο του μηδενός **ΚΑΙ** μικρότερο του 5.

Εάν αληθεύει εκτελούνται οι εντολές που υπάρχουν μέσα στις αγκύλες. Η πρόταση if () ελέγχεται αν η συνθήκη μέσα στις παρενθέσεις είναι «αληθής»

Τελεστές δεικτών

* ,τελεστής απόκτησης περιεχομένου.

& ,τελεστής απόκτησης διεύθυνσης

Δομές ελέγχου ροής

- **if** (δομή ελέγχου μίας συνθήκης)
- **if ... else** (δομή ελέγχου πολλαπλών συνθηκών)
- **for** (δομή επαναληπτικού ελέγχου συνθήκης)
- **while** (δομή επαναληπτικού ελέγχου συνθήκης)
- **do ... while** (δομή επαναληπτικού ελέγχου συνθήκης)
- **switch ... case** (δομή ελέγχου περιπτώσεων)
- **break** (εντολή διακοπής μιας επαναληπτικής δομής)
- **continue** (εντολή παράλειψης της τρέχουσας επανάληψης)
- **return** (εντολή επιστροφής από μία συνάρτηση)
- **goto** (εντολή μετάβασης σε κάποιο σημείο του κώδικα)

Ψηφιακή έξοδος

Μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να συμπεριφέρονται όπως επιθυμεί ο χρήστης, αρκεί να γίνονται οι σωστές δηλώσεις στο κώδικα που θα «φορτωθεί» στη πλακέτα. Η έξοδος του κάθε

pin μπορεί να προγραμματιστεί να δίνει τιμές HIGH ή LOW. Λέγοντας HIGH εννοείται το δυαδικό «1» με τάση εξόδου 5 Volt DC, ενώ το LOW είναι το δυαδικό «0» με τάση 0Volt DC.

Τύποι δεδομένων

boolean (λογική δυαδική τιμή)

char (προσημασμένος χαρακτήρας 8 ψηφίων)

unsigned char (μη προσημασμένος χαρακτήρας 8 ψηφίων)

byte (μη προσημασμένος χαρακτήρας 8 ψηφίων)

int (προσημασμένος ακέραιος αριθμός 16 ψηφίων)

unsigned int (μη προσημασμένος ακέραιος αριθμός 16 ψηφίων)

word (μη προσημασμένος ακέραιος αριθμός 16 ψηφίων)

long (προσημασμένος ακέραιος αριθμός 32 ψηφίων)

unsigned long (μη προσημασμένος ακέραιος αριθμός 32 ψηφίων)

float, double (αριθμός κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας)

string (αντικείμενο αλφαριθμητικού με χρήσιμες μεθόδους)

Ως αλφαριθμητικό μπορεί να θεωρηθεί και ο πίνακας χαρακτήρων.

Μαθηματικές και Τριγωνομετρικές συναρτήσεις

max() βρίσκει τον μεγαλύτερο ανάμεσα σε δύο αριθμούς

min() βρίσκει τον μικρότερο ανάμεσα σε δύο αριθμούς

abs() επιστρέφει την απόλυτη τιμή ενός αριθμού

constrain() ελέγχει για υπερχείλιση ή υποχείλιση ορίων

map() πραγματοποιεί γραμμικό μετασχηματισμό ορίων

pow() επιστρέφει το αποτέλεσμα μίας δύναμης

sqrt() επιστρέφει την ρίζα ενός αριθμού

sin() υπολογίζει το ημίτονο ενός αριθμού

cos() υπολογίζει το συνημίτονο ενός αριθμού

tan() υπολογίζει την εφαπτομένη ενός αριθμού

Συναρτήσεις γεννήτριας ψευδοτυχαίων αριθμών

random() δίδεται ένας νέος αριθμός από την γεννήτρια

randomSeed() θέτει τον σπόρο της γεννήτριας παραγωγής

Συναρτήσεις επεξεργασίας δυαδικών αριθμών

lowByte() επιστρέφει το δεξιότερο byte μίας μεταβλητής

highByte() επιστρέφει το αριστερότερο byte μίας μεταβλητής

bitRead() διαβάζει ένα συγκεκριμένο ψηφίο μίας μεταβλητής

bitWrite() γράφει σε ένα συγκεκριμένο ψηφίο μιας μεταβλητής

bitSet() γράφει την τιμή 1 σε κάποιο ψηφίο μίας μεταβλητής

bitClear() γράφει την τιμή 0 σε κάποιο ψηφίο μιας μεταβλητής)

bit() υπολογίζει μία συγκεκριμένη δύναμη με βάση το 2

2.2.7 Βασικές Εντολές

Στην γλώσσα του Arduino μπορούν να χρησιμοποιηθούν ουσιαστικά οι ίδιες βασικές εντολές και συναρτήσεις, με την ίδια σύνταξη, τους ίδιους τύπων δεδομένων και τους ίδιους τελεστές όπως και στην C/C++. Υπάρχουν, βέβαια, κάποιες ειδικές εντολές, συναρτήσεις και σταθερές που βοηθούν για την διαχείριση του ειδικού hardware του Arduino. Αυτές είναι [18]:

ΟΡΙΣΜΑ	ΕΙΔΟΣ	ΤΥΠΟΣ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
LOW	Σταθερά	Int	-	Έχει την τιμή 0 και είναι αντίστοιχη του λογικού false.
HIGH	Σταθερά	Int	-	Έχει την τιμή 1 και είναι αντίστοιχη του λογικού true.
INPUT	Σταθερά	Int	-	Έχει την τιμή 0 και είναι αντίστοιχη του λογικού false
OUTPUT	Σταθερά	Int	-	Έχει την τιμή 1 και είναι αντίστοιχη του λογικού true.
pinMode	Εντολή	-	(pin, mode)	Καθορίζει αν το συγκεκριμένο ψηφιακό pin θα είναι pin εισόδου ή pin εξόδου ανάλογα με την τιμή που

				δίνεται στην παράμετρο mode(INPUT ή OUTPUT αντίστοιχα).
digitalWrite	Εντολή	-	(pin, pinstatus)	Θέτει την κατάσταση pinstatus(HIGH ή LOW) στο συγκεκριμένο ψηφιακό pin.
digitalRead	Συνάρτηση	Int	(pin)	Επιστρέφει την κατάσταση του συγκεκριμένου ψηφιακού pin (0 για LOW και 1 για HIGH) εφόσον αυτό είναι pin εισόδου
analogReference	Εντολή	-	(type)	Δέχεται τις τιμές DEFAULT, INTERNAL ή EXTERNAL στην παράμετρο type για να καθορίσει την τάση αναφοράς (Vref) των αναλογικών εισόδων (5V, 1.1V ή η εξωτερική τάση με την οποία τροφοδοτείται το pin AREF αντίστοιχα)
analogRead	Συνάρτηση	Int	(pin)	Επιστρέφει έναν ακέραιο από 0 έως 1023, ανάλογα με την τάση που τροφοδοτείται το συγκεκριμένο pin αναλογικής εισόδου στην κλίμακα 0 ως Vref.

analogWrite	Εντολή	-	(pin, value)	Θέτει το συγκεκριμένο ψηφιακό pin σε κατάσταση ψευδοαναλογικής εξόδου (PWM). Η παράμετρος value καθορίζει το πλάτος του παλμού σε σχέση με την περίοδο του παραγόμενου σήματος στην κλίμακα από 0 ως 255 (π.χ. με value 127, το πλάτος του παλμού είναι ίσο με μισή περίοδο).
millis	Συνάρτηση	Unsigned long	()	Μετρητής που επιστρέφει το χρονικό διάστημα σε ms από την στιγμή που άρχισε η εκτέλεση του προγράμματος. Λαμβάνεται υπόψη ότι, λόγω του τύπου μεταβλητής (unsigned long δηλ. 32bit) θα γίνει overflow σε 2^{32} ms δηλαδή περίπου σε 50 μέρες, οπότε ο μετρητής θα ξεκινήσει πάλι από το μηδέν.
delay	Εντολή	-	(time)	Σταματά προσωρινά την ροή του προγράμματος για time ms. Η παράμετρος time είναι unsigned long (από 0 ως 2^{32}). Σημειώνεται ότι παρά την προσωρινή παύση, οι συναρτήσεις των οποίων η

				εκτέλεση ενεργοποιείται από interrupt θα εκτελεστούν κανονικά κατά την διάρκεια μιας delay.
attachInterrupt	Εντολή	-	(interrupt, function, triggermode)	LOW (ενεργοποίηση όταν η κατάσταση του pin που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο interrupt γίνει LOW) RISING (όταν από LOW γίνει HIGH) FALLING (όταν από HIGH γίνει LOW) CHANGE (όταν αλλάξει κατάσταση γενικά)
detachInterrupt	Εντολή	-	(interrupt)	Απενεργοποιεί το συγκεκριμένο interrupt.
noInterrupts	Εντολή	-	()	Σταματά προσωρινά την λειτουργία όλων των interrupt.
interrupts	Εντολή	-	()	Επαναφέρει την λειτουργία των interrupt που διακόπηκε προσωρινά από μια εντολή noInterrupts.
Serial.begin	Μέθοδος κλάσης	-	(datarate)	Θέτει τον ρυθμό μεταφοράς δεδομένων του σειριακού interface (σε baud).

Serial.println	Μέθοδος κλάσης	-	(data)	Διοχετεύει τα δεδομένα data για αποστολή μέσω του σειριακού interface. Η παράμετρος data μπορεί να είναι είτε αριθμός είτε αλφαριθμητικό.
----------------	----------------	---	--------	---

Πίνακας 7 Βασικές Εντολές

2.2.8 Πλεονεκτήματα Arduino

Το κύριο πλεονέκτημα του Arduino είναι η τεράστια κοινότητα που το υποστηρίζει και η οποία έχει δημιουργήσει, επεκτείνει και συντηρεί μια ανάλογου μεγέθους online γνωστική βάση. Έτσι, ενώ ένας έμπειρος ηλεκτρονικός μπορεί να προτιμήσει μια διαφορετική πλατφόρμα-εξάρτημα ανάλογα με την εφαρμογή που θέλει να εκτελέσει, το Arduino, με την εκτενές τεκμηρίωση, καταφέρνει να κερδίσει όλους αυτούς, των οποίων οι γνώσεις στα ηλεκτρονικά περιορίζονται στα όσα μάθανε σε μικρότερες ηλικίες, στο σχολείο με ένα προγραμματιστικό περιβάλλον. Επειδή απευθύνεται κυρίως σε αρχάριους των ηλεκτρονικών και παρά τις αναλυτικές οδηγίες που υπάρχουν δεν έχουν όλοι τις γνώσεις και τα μέσα να κατασκευάσουν μια ηλεκτρονική πλακέτα. Για αυτό, κυκλοφορούν έτοιμες, προκατασκευασμένες στο διαδίκτυο σε προσιτές τιμές (Εικόνα 13). Έτσι, οι περισσότεροι προμηθευτές με λίγα χρήματα παραπάνω μπορούν να διαθέτουν το Arduino Smarter Kit το οποίο, εκτός από την πλακέτα του Arduino, περιέχει και άλλα εξαρτήματα και εργαλεία που μπορεί να χρειαστούν για τις εφαρμογές. Επιπρόσθετα, τρέχει σε πολλά λειτουργικά συστήματα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Έχουν αναπτύξει το περιβάλλον λογισμικού Arduino για Windows, Macintosh OSX καθώς και για λειτουργικά συστήματα Linux. Τα περισσότερα συστήματα ανάπτυξης μικροελεγκτών περιορίζονται στα Windows.



Εικόνα 13 Arduino Smarter Kit - από eBay

Πλέον η εταιρεία του Arduino, έχει αναπτύξει και τα δικά της έτοιμα Kit. Στο επίσημο site Arduino [19], υπάρχουν πολλά και διάφορα Kit, για τον κάθε χρήστη. Πιο συγκεκριμένα, κάποια Kit από αυτά είναι:

- **Arduino Starter Kit.** Εκμάθηση ηλεκτρονικών. Δεν απαιτείται προηγούμενη γνώση από τους χρήστες, καθώς μέσω του Kit, ο χρήστης μαθαίνει κωδικοποίηση και ηλεκτρονικά μέσα από διασκεδαστικά και ενδιαφέρον έργα που εκτελούν. Υπάρχει εισαγωγή στους αισθητήρες και τους ενεργοποιητές καθώς και εκμάθηση κατανόησης τόσο στα ψηφιακά όσο και στα αναλογικά σήματα.
- **Arduino Student Kit.** Εκμάθηση προγραμματισμού, κωδικοποίηση και ηλεκτρονικών καθώς και της τάσης και της ψηφιακής λογικής. Το Kit βοηθάει τον χρήστη βήμα προς βήμα, οπότε δεν είναι απαραίτητη η προηγούμενη γνώση ή εμπειρία.
- **Arduino Explore IoT.** Βοηθά τους προχωρημένους μαθητές γυμνασίου και κολεγίου να ξεκινήσουν με τις θεμελιώδεις έννοιες του Internet of Things. Περιλαμβάνει όλο το απαραίτητο υλικό, λογισμικό, περιεχόμενο εκμάθησης και υποστήριξη.
- **Arduino Science Kit.** Παρέχει στους μαθητές ηλικίας (11 έως 14 ετών) μια πρακτική εμπειρία, επιτρέποντάς τους να εξερευνήσουν δυνάμεις, κίνηση και αγωγιμότητα με τους συμμαθητές τους. Μπορούν να κάνουν τη δική τους υπόθεση σαν πραγματικός επιστήμονας, στη συνέχεια να ελέγξουν τις υποθέσεις τους και να καταγράψουν δεδομένα χάρη στην εφαρμογή Arduino Science Journal-ένα ψηφιακό σημειωματάριο

για τη διεξαγωγή και την τεκμηρίωση επιστημονικών πειραμάτων χρησιμοποιώντας τις μοναδικές δυνατότητες των δικών τους συσκευών.

- **Arduino Education Starter Kit.** Αφορά μαθητές Γυμνασίου, όπου μπορούν να μάθουν τα βασικά του προγραμματισμού, της κωδικοποίησης και της ηλεκτρονικής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από δασκάλους/καθηγητές για την εκμάθηση των μαθητών τους.
- **Arduino Engineering Kit REV2.** Δίνει την δυνατότητα τους χρήστες/μαθητές να κατανοήσουν τις έννοιες της βασικής μηχανικής μέσω διασκεδαστικών έργων που εκτελούν.

Με αυτά τα Smart Kit, και άλλα ακόμα που διαθέτει η εταιρεία, μπορεί ο καθένας να πειραματιστεί και να αποκτήσει αρκετές γνώσεις σε τομείς όπως τον προγραμματισμό, την ηλεκτρονική, και της μηχανικής καθώς και του επιστημονικού κλάδου.

2.3 Εφαρμογές Arduino

Το Arduino είναι ένας μικροελεγκτής αρκετά διαδεδομένος στην αγορά και αρκετά γνωστός για τις εφαρμογές του. Μερικές από αυτές που αναπτύχθηκαν με τον μικροελεγκτή αλλά και με τη βοήθεια άλλων προγραμμάτων παρουσιάζονται παρακάτω [20].

Arduino και μουσική

Δημοφιλέστερο project με την χρήση Arduino είναι το Laser Harp (Laser άρπα). Πρώτη φορά παρουσιάστηκε από τον Bernard Szajner το 1981, αλλά έγινε γνωστό από τον Michel Jarre όπου και το χρησιμοποίησε στις συναυλίες του. Το 2009 ο Stephen Hobley επηρεασμένος από μια συναυλία του Jarre αποφάσισε να κατασκευάσει την δική του laser άρπα. Το laser harp είναι ένα μουσικό όργανο που αλληλεπιδρά με το φως. Στην πραγματικότητα αποτελεί μια συσκευή η οποία παράγει μια σειρά κάθετων φωτεινών γραμμών που ξεκινούν από το δάπεδο (Εικόνα 14). Ο μουσικός διακόπτοντας τις δέσμες φωτός παράγει μια ποικιλία μουσικών ήχων. Δεν παίζει μόνο ρόλο για την παραγωγή του ήχου η διακοπή της δέσμης αλλά και το ύψος που θα τοποθετηθεί το εμπόδιο από το δάπεδο. Η άρπα δεν παίρνει από μόνης της ήχους, απαιτεί να συνδεθεί με ένα νέας τεχνολογίας synthesizer ώστε να λαμβάνει από το Arduino σειριακά τα MIDI (Musical Instrument Digital Interface) δεδομένα που παράγει.



Εικόνα 14 Laser Harp

Arduino και μοντελισμός

Μια άλλη εφαρμογή με Arduino γνωστή και ως μοντελισμός είναι το τηλεκατευθυνόμενο αυτοκινητάκι-όχημα. Για την κατασκευή ενός τέτοιου οχήματος απαιτείται ένας μικροελεγκτής που θα είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο του οχήματος (Arduino), επίσης απαραίτητο είναι και ένα σύστημα για την ασύρματη επικοινωνία του Arduino με την συσκευή που θα τηλεκατευθύνει (όπως για παράδειγμα η shield XBee). Η δουλειά του μικροελεγκτή είναι να ελέγχει τους απαραίτητους κινητήρες και σερβοκινητήρες οι οποίοι τροφοδοτούνται από μια πηγή ρεύματος (συνήθως μπαταρίες) για την κατεύθυνση του οχήματος. Η τηλεκατεύθυνσή του μπορεί να προσαρμοστεί σε οποιαδήποτε μορφή οχήματος (αυτοκίνητο, πλοίο, αεροπλάνο). Εκτός όμως του βασικού εξοπλισμού, οι μοντελιστές έχουν την δυνατότητα να προσθέσουν ένα shield GPS που ενημερώνει το Arduino με τις συντεταγμένες για το σημείο που βρίσκεται. Με τον τρόπο αυτό το όχημα γνωρίζοντας τον προορισμό του, βάση συντεταγμένων που του δόθηκαν, θα μπορεί να κινηθεί προς αυτόν χωρίς να χρειάζεται κάποιος να το κατευθύνει.



Εικόνα 15 Όχημα με Arduino

Arduino και διακόσμηση

Μια ενδιαφέρουσα και σχετικά απλή εφαρμογή είναι η κατασκευή κύβου LED. Το LED cube σχηματίζεται από led τα οποία είναι διατεταγμένα σε θέσεις ίσης απόστασης μεταξύ τους. Συνήθως ο κύβος είναι 4x4x4, δηλαδή αποτελείται από τέσσερις στρώσεις, και η κάθε μια με την σειρά της αποτελείται από τέσσερις γραμμές και τέσσερις στήλες. Τα led αναβοσβήνουν σύμφωνα με το Arduino είτε τυχαία είτε με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίσουν ένα σχήμα. Με την χρήση περισσότερων led είναι δυνατή η αναπαράσταση τρισδιάστατων γραμμάτων ή ακόμη και εικόνων. Τέτοιου είδους εφαρμογές συνήθως χρησιμοποιούνται για διακοσμητικούς ή διαφημιστικούς σκοπούς.



Εικόνα 16 Διακοσμητικά LED



Εικόνα 17 Κύβοι 4X4

Arduino στο σπίτι

Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διευκολύνει τον τρόπο διαβίωσης του ανθρώπου μέσα στο σπίτι του. Αυτό βέβαια επιτυγχάνεται με διάφορες εφαρμογές, από την θερμοκρασία του δωματίου μέχρι την βοήθεια παρκαρίσματος (απόσταση αυτοκινήτου με τοίχο).

Arduino security alarm

Ο ελεγκτής έχει την δυνατότητα να συνδυάζεται με μία ποικιλία αισθητήρων με σκοπό να λειτουργεί ως ένας συναγερμός σπιτιού. Έτσι ανιχνεύοντας για παράδειγμα την κίνηση, ελέγχοντας συγκεκριμένες πόρτες και παράθυρα ακόμη και την θερμοκρασία σε περίπτωση πυρκαγιάς μπορεί να γίνει ένα αξιόπιστο σύστημα συναγερμού, ενώ με ένα κατάλληλο πρόγραμμα στον υπολογιστή έχει την δυνατότητα ακόμη και να ενημερώνει απομακρυσμένα τους υπεύθυνους του κτιρίου.

Arduino και παιχνίδια

Η επικοινωνία του ελεγκτή με τον υπολογιστή έδωσε τη δυνατότητα για την εύκολη κατασκευή παιχνιδιών που αλληλοεπιδρούν με τον άνθρωπο.

Το **Marble labyrinth** είναι ένα είδος λαβύρινθου που περιέχει μια μεταλλική μπίλια. Σκοπός του παιχνιδιού είναι η μπίλια να διασχίσει μια συγκεκριμένη διαδρομή του λαβύρινθου για να φτάσει στον τερματισμό. Μέσα στους διαδρόμους υπάρχουν διάφορες τρύπες που θα πρέπει να προσπεράσει χωρίς να πέσει μέσα ώστε να μην χρειαστεί να ξαναρχίσει την διαδρομή. Για να μετακινηθεί η μπίλια, πρέπει ο παίχτης να αλλάζει συνεχώς το ύψος των πλευρών του λαβύρινθου από το δάπεδο, έτσι λόγω της βαρύτητας η μπίλια θα αναγκαστεί να κινηθεί προς την κατεύθυνση της πιο χαμηλής πλευράς του λαβύρινθου. Αντί ο χρήστης να χρειάζεται να σηκώσει ολόκληρη την πλατφόρμα του λαβύρινθου για να ελέγξει την κίνηση της μπίλιας, σταθεροποίησαν τον λαβύρινθο πάνω σε μια άλλη πλατφόρμα η οποία με την βοήθεια δυο σερβοκινητήρων μπορεί να αλλάζει το ύψος των πλευρικών του λαβύρινθου και αναγκάζοντας τη μπίλια να κινηθεί. Ο παίχτης για να κατευθύνει την μπίλια πατάει πάνω σε ένα Wii Fit, μια επιτραπέζια πλατφόρμα της παιχνιδομηχανής NINTENDO. Η πλατφόρμα Wii Fit λειτουργεί όπως ένα χειριστήριο, δηλαδή ανάλογα με το σημείο που ο παίχτης θα ρίξει το βάρος του, αυτή θα ερμηνεύσει την κίνηση σε μία κατεύθυνση (μπροστά, δεξιά, πίσω, αριστερά). Το Wii Fit με την σειρά του στέλνει σειριακά τα δεδομένα στο Arduino το οποίο ελέγχει τους σερβοκινητήρες και έτσι αλλάζει στάση ο λαβύρινθος. Η ιδέα για την κατασκευή του παιχνιδιού ανήκε στον Jestin Stoffel. Το Wii Fit μπορεί να αντικατασταθεί με διαφορετικά τύπου χειριστήρια χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία.

Arduino και τέχνες-ζωγραφική

Το Senseless drawing bot είναι μια κατασκευή η οποία ζωγραφίζει τυχαίες καμπύλες στους τοίχους. Η συσκευή αυτή είναι ένα μηχανοκίνητο όχημα το οποίο κινείται παράλληλα σε έναν τοίχο. Επάνω στο όχημα έχει τοποθετηθεί ένα διπλό εκκρεμές και στην άκρη του ένα

σπρέι χρώματος. Κατά την κίνηση του οχήματος το εκκρεμές αρχίζει να ταλαντώνεται δεξιά και αριστερά ενώ παράλληλα ελέγχεται από ένα αισθητήρα για το εάν ξεπερνάει ένα κατώτατο και εάν ανώτατο όριο. Έτσι για παράδειγμα στην περίπτωση που η ταλάντωση του εκκρεμές είναι μικρότερη από την επιθυμητή τότε το όχημα αρχίζει και κινείται ρυθμικά αριστερά και δεξιά ώστε να αυξήσει την ταλάντωση του εκκρεμές. Αντίθετα, όταν η ταλάντωση είναι μεγαλύτερη από την επιτρεπτή τότε το όχημα σταματάει. Όταν το εκκρεμές έχει την σωστή ταλάντωση, τότε με ένα σύστημα αυτοματισμού το σπρέι αρχίζει να ζωγραφίζει χρωματιστές καμπύλες σε όλο το μήκος του τοίχου. Αντικαθιστώντας το σπρέι με διάφορα χρώματα μπορεί να δημιουργηθεί ένα πρωτότυπο έργο τέχνης. Η κατασκευή αυτή προσομοιώνει την δημιουργία ενός γκράφιτι σε τοίχο απελευθερώνοντας τον δυναμισμό του σχεδιασμού του γκράφιτι καταργώντας βέβαια τον ανθρώπινο παράγοντα.



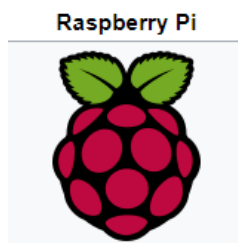
Εικόνα 18 Senseless drawing bot-Ζωγραφική με Arduino

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 RASPBERRY Pi

3.1.1 Τι είναι το Raspberry Pi

Το Raspberry Pi είναι μια σειρά μικρών υπολογιστών με ένα μόνο σκέλος, που αναπτύχθηκαν στο Ηνωμένο Βασίλειο από το Raspberry Pi Foundation [21]. Οι πλακέτες κατασκευάζονται σε εργοστάσιο της Sony στο Pencoed της Ουαλίας. Αρχικά, δημιουργήθηκε για να προάγει και να διδάσκει τη βασική επιστήμη των υπολογιστών σε σχολεία και κολέγια. Ξεκίνησαν, τον Φλεβάρη του 2012, με δύο συσκευές, το Μοντέλο A και το Μοντέλο B, αυτοί οι υπολογιστές κυμαίνονταν σε spec (Standard Performance Evaluation Corporation) και ικανότητες. Το αρχικό μοντέλο έγινε πολύ πιο δημοφιλές από το αναμενόμενο, πωλώντας εκτός της στοχευμένης αγοράς, για χρήσεις όπως η ρομποτική. Ορισμένα εξαρτήματα έχουν συμπεριληφθεί σε διάφορες επίσημες και ανεπίσημες δέσμες. Σύμφωνα με το Ίδρυμα Raspberry Pi, περισσότερα από 5 εκατομμύρια κομμάτια πωλήθηκαν μέχρι τον Φεβρουάριο του 2015, καθιστώντας ως τον βρετανικό υπολογιστή με τις καλύτερες πωλήσεις. Τον Φεβρουάριο του 2014 είχαν αναφερθεί ότι πούλησαν 4,5 εκατομμύρια boards, αμέσως μετά την επιτυχία αυτή, κυκλοφόρησαν το μοντέλο A+ και το μοντέλο B+, το οποίο, παρέχει περισσότερα GPIO (general purpose input/output) και χρησιμοποιεί λιγότερη ενέργεια για να «τρέξει». Στις αρχές του 2015 ανακοινώθηκε το Raspberry Pi 2 με αυξημένο MHz από 200 για να φτάσει στα 900 MHz και διπλασίασε την RAM κάνοντάς την 1GB. Μέχρι το Νοέμβριο του 2016 είχαν πουλήσει 11 εκατομμύρια μονάδες και 12,5 εκατομμύρια μέχρι το Μάρτιο του 2017, όπου το καθιστούν τον τρίτο καλύτερο "υπολογιστή γενικής χρήσης". Τον Ιούλιο του 2017, οι πωλήσεις έφθασαν σχεδόν τα 15 εκατομμύρια. Τον Μάρτιο του 2018, οι πωλήσεις έφθασαν τα 19 εκατομμύρια.



Εικόνα 19 Το σήμα του Raspberry Pi [21]

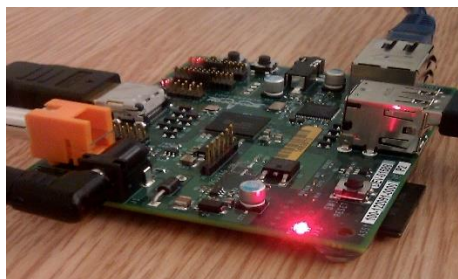
3.1.2 Η φιλοσοφία

Η φιλοσοφία του Ιδρύματος Raspberry Pi είναι να παρέχουν υπολογιστές χαμηλού κόστους και υψηλής απόδοσης που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι άνθρωποι για να μάθουν,

να λύνουν προβλήματα και να διασκεδάζουν. Κάθε άλλο, παρέχουν πάσης φύσεως ενημέρωση και εκπαίδευση για να βοηθήσουν περισσότερους ανθρώπους να έχουν πρόσβαση στην πληροφορική και στη ψηφιακή παραγωγή. Αναπτύσσουν ελεύθερους πόρους για να βοηθούν του ανθρώπους να μαθαίνουν για τους υπολογιστές και την χρήση τους και πώς να κάνουν πράγματα με αυτούς. Επίσης, να εκπαιδεύσουν ειδικούς ώστε να μαθουν και να μπορούν να καθοδηγούν τους υπόλοιπους. Έτσι, θα είναι σε θέση να κατανοήσουν και να διαμορφώσουν τον μοναδικό και πιο ψηφιακό κόσμο τους, που θα είναι ικανό να λύσει τα προβλήματα που τους αποσχολούν.

3.1.3 Η αναδρομή του.

Το 2006, τα πρώτα Raspberry Pi βασίστηκαν στον μικροελεγκτή Atmel ATmega644. Ο θεματοφύλακας του ιδρύματος Eben Upton συγκέντρωσε μια ομάδα καθηγητών, ακαδημαϊκών και ενθουσιωδών χρηστών για να δημιουργήσουν έναν υπολογιστή για να εμπνεύσουν τα παιδιά. Ο υπολογιστής εμπνέεται από το BBC Micro² της Acorn του 1981. Τα ονόματα μοντέλων A, B και B+ είναι αναφορές στα αρχικά μοντέλα του βρετανικού εκπαιδευτικού BBC Microcomputer. Η πρώτη έκδοση πρωτοτύπου ARM (Εικόνα 20), του υπολογιστή, τοποθετήθηκε σε ένα πακέτο του ίδιου μεγέθους με ένα memory stick USB. Έχει μια θύρα USB στο ένα άκρο και μια θύρα HDMI από την άλλη. Ο στόχος του ιδρύματος ήταν να προσφέρει δύο εκδόσεις αξίας 25 και 35 δολαρίων. Πιο γνωστό και διαδεδομένο έγινε το μοντέλο B με υψηλότερες τιμές στις 29 Φεβρουαρίου 2012, το χαμηλότερο κόστους Μοντέλο A στις 4 Φεβρουαρίου 2013, και το ακόμη χαμηλότερου κόστους (US \$ 20) στο Μοντέλο A + στις 10 Νοεμβρίου 2014. Στις 26 Νοεμβρίου 2015, το φθηνότερο Raspberry Pi αλλά και το Raspberry Pi Zero ξεκίνησαν στα 5 δολάρια.



Εικόνα 20 Ένα πρωτότυπο από τον Paul Downey

Χρονολογικός Πίνακας ,πριν την παρουσίαση του. [22]

Ιούλιος 2011	Ο διαχειριστής της Eben Upton προσέγγισε δημοσίως την κοινότητα RISC OS Open τον Ιούλιο του 2011 για να ενημερωθεί για βοήθεια
---------------------	--

² British Broadcasting Corporation Microcomputer System.

	<p>σχετικά με τις θύρες. Ο Adrian Lees στο Broadcom εργαζόταν τότε πάνω στις θύρες, με το έργο του να αναφέρεται σε μια συζήτηση σχετικά με τους οδηγούς γραφικών. Αυτή η θύρα περιλαμβάνεται τώρα στο NOOBS.</p>
Αύγουστος 2011	<p>Κατασκευάζονται 50 alpha-πλακέτες. Αυτές, ήταν λειτουργικά ίδιες με το σχεδιαζόμενο Μοντέλο B, αλλά ήταν φυσικά μεγαλύτερες για να φιλοξενήσουν τις κεφαλίδες εντοπισμού σφαλμάτων. Οι παρουσιάσεις αυτών, έδειξαν ότι εκτελείται η επιφάνεια εργασίας LXDE σε Debian, Quake 3 σε 1080p, και Full HD MPEG-4 βίντεο μέσω HDMI.</p>
Οκτώβριος 2011	<p>Μια έκδοση του RISC OS 5 προβλήθηκε δημοσίως και μετά από ένα έτος ανάπτυξης, η θύρα κυκλοφόρησε για γενική κατανάλωση το Νοέμβριο του 2012</p>
Νοέμβριος 2011	<p>25 πλακέτες τύπου B Beta συναρμολογήθηκαν και δοκιμάστηκαν από εκατό μη κατονομαζόμενα PCB. Η διάταξη των εξαρτημάτων Beta ήταν η ίδια με αυτή των πλακών παραγωγής. Ένα μόνο λάθος ανακαλύφθηκε στο σχεδιασμό της πλακέτας, όπου κάποιες ακίδες της CPU δεν κρατήθηκαν ψηλά, όμως τροποποιήθηκε για την πρώτη παραγωγή. Οι πλακέτες Beta επιδεικνύουν την εκκίνηση του Linux, παίζοντας ένα τρέιλερ ταινιών 1080p και το Samurai OpenGL ES ως το βασικό σημείο αναφοράς.</p>
Αρχές 2012	<p>Οι πρώτες 10 πλακέτες τέθηκαν σε δημοπρασία στο eBay κατά την πρώτη εβδομάδα του έτους. Η μία, αγοράστηκε ανώνυμα και δωρίστηκε στο μουσείο στο Κέντρο Ιστορίας των Υπολογιστών στο Κέιμπριτζ της Αγγλίας. Οι δέκα αυτές πλακέτες (με συνολική λιανική τιμή £ 220) έφτασαν πάνω από £16,000, με το τελευταίο που πλειστηριάστηκε, συγκεντρώνοντας £3,500. Πριν από το αναμενόμενο λανσάρισμα στα τέλη Φεβρουαρίου 2012, οι διακομιστές του Ιδρύματος αγωνίστηκαν για να αντιμετωπίσουν το φορτίο που έθεσαν οι παρατηρητές που ανανεώνουν επανειλημμένα τα προγράμματα περιήγησης.</p>

Πίνακας 8 Πριν την παρουσίαση

Χρονολογικός Πίνακας ,για τη παρουσίαση του [22]

19 Φεβρουαρίου 2012	Εμφανίζεται η πρώτη απόδειξη για την κάρτας SD εικόνας, που θα μπορούσε να φορτωθεί σε μια κάρτα SD για την παραγωγή ενός προκαταρκτικού λειτουργικού συστήματος. Η εικόνα βασίστηκε στο Debian 6.0 (Squeeze), με την επιφάνεια εργασίας να είναι LXDE και το πρόγραμμα περιήγησης να είναι Midori, καθώς και διάφορα άλλα εργαλεία προγραμματισμού. Η εικόνα τρέχει επίσης στο QEMU επιτρέποντας στο Raspberry Pi να μιμείται σε διάφορες άλλες πλατφόρμες.
29 Φεβρουαρίου 2012	Τότε ξεκίνησαν οι αρχικές πωλήσεις, στις 06:00 UTC. Την ίδια στιγμή, ανακοινώθηκε ότι το μοντέλο A, το οποίο αρχικά είχε 128 MB μνήμης RAM, επρόκειτο να αναβαθμιστεί σε 256 MB πριν καν βγει στην αγορά. Η ιστοσελίδα του Ιδρύματος ανακοίνωσε : <i>«Έξι χρόνια μετά την έναρξη του έργου, είμαστε σχεδόν στο τέλος της πρώτης μας εξέλιξη , αν και είναι μόνο η αρχή της ιστορίας Raspberry Pi»</i> . Τα ηλεκτρονικά καταστήματα των δύο εξουσιοδοτημένων κατασκευαστών που πωλούν το Raspberry Pi στο Ηνωμένο Βασίλειο, το Premier Farnell και τα RS Components, «έπεσαν» αμέσως μετά την κυκλοφορία του. Μη επιβεβαιωμένες αναφορές υποδηλώνουν ότι υπήρχαν πάνω από δύο εκατομμύρια εκδηλώσεις ενδιαφέροντος ή προ-παραγγελίες. Ο επίσημος λογαριασμός Raspberry Pi Twitter ανέφερε ότι η Premier Farnell έληξε μέσα σε λίγα λεπτά από την αρχική εκτόξευση, ενώ τα RS Components πήραν πάνω από 100.000 προ-παραγγελίες την πρώτη μέρα.
Μάρτιος 2012	Οι καθυστερήσεις αποστολής για των πρώτη παρτίδα ανακοινώθηκαν τον Μάρτιο του 2012, ως αποτέλεσμα την εγκατάσταση μιας λανθασμένης θύρας Ethernet, αλλά το Ίδρυμα αναμένει ότι οι ποσότητες μελλοντικών παρτιδών παραγωγής θα αυξηθούν με μικρές δυσκολίες, εάν απαιτείται. Ο Urpton αναφέρει:

	<p>«Σας διαβεβαιώνουμε ότι μπορούμε να φέρουμε <i>Ethernet</i> με μαγνητικούς συνδέσμους, σε μεγάλες ποσότητες καθώς και οι δύο εταιρείες διανομής κάνουν το καλύτερο δυνατό για την παραγωγή των πηγών». Η πρώτη παρτίδα των 10.000 πλακιδίων κατασκευάστηκαν στην Ταϊβάν και την Κίνα.</p>
8 Μαρτίου 2012	<p>Εμφανίστηκε το Raspberry Pi Fedora Remix, η συνισταμένη διανομή Linux, που αναπτύχθηκε στο Seneca College στον Καναδά</p>
Μάρτιος 2012	<p>Η θύρα του Debian ξεκινάει από τον Mike Thompson, πρώην CEO της Atomz. Η προσπάθεια πραγματοποιήθηκε σε μεγάλο βαθμό από τον Thompson και τον Peter Green, έναν εθελοντή προγραμματιστή του Debian, με κάποια υποστήριξη από το Ίδρυμα, ο οποίος δοκίμασε τα δυαδικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τα πρώτα δύο στάδια (ούτε ο Thompson ούτε ο Green είχαν φυσική πρόσβαση στο hardware, οι πλακέτες δεν ήταν ευρέως προσβάσιμες εκείνη τη στιγμή λόγω της μεγάλης ζήτησης). Ενώ η προκαταρκτική απόδειξη της έννοιας της εικόνας που διανεμήθηκε από το Ίδρυμα πριν από την έναρξη, η οποία ήταν επίσης βασισμένη στο Debian, διαφέρει από αυτό, το Raspbian, του Thompson και του Green με διάφορους τρόπους. Η εικόνα POC βασίστηκε στη σταθερή τότε Debian Squeeze, ενώ το Raspbian στοχεύει στην παρακολούθηση των επερχόμενων πακέτων του Debian Wheezy. Εκτός από τα ενημερωμένα πακέτα που θα ερχόντουσαν με τη νέα έκδοση, ο Wheezy θέλησε επίσης να παρουσιάσει την αρχιτεκτονική armhf, η οποία έγινε λόγος για την προσπάθεια του Raspbian. Η εικόνα POC βασισμένη σε Squeeze περιορίστηκε στην αρχιτεκτονική armel, η οποία ήταν, κατά τη στιγμή της κυκλοφορίας του Squeeze, η τελευταία προσπάθεια του έργου Debian να το τρέξει στη νεότερη δυαδική διεπαφή (EABI) ενσωματωμένης εφαρμογής ARM. Η αρχιτεκτονική armhf στο Wheezy είχε ως στόχο να κάνει το Debian να τρέχει στη μονάδα πλωτής μονάδας υλικού ARM VFP, ενώ το armel περιοριζόταν</p>

	<p>στην εξομοίωση των πράξεων κινητής υποδιαστολής στο λογισμικό. Δεδομένου ότι το Raspberry Pi περιλάμβανε ένα VFP, η δυνατότητα χρήσης της μονάδας hardware θα είχε ως αποτέλεσμα κέρδη απόδοσης και μειωμένη χρήση ενέργειας για πράξεις κινητής υποδιαστολής. Η προσπάθεια armhf στην κύρια γραμμή του Debian, ωστόσο, ήταν άρτια στο έργο που περιβάλλει το Pi και το μόνο που αποσκοπούσε ήταν στο να επιτρέψει στο Debian να τρέξει στο ARMv7 στο ελάχιστο, πράγμα που θα σήμαινε ότι η Pi, μια συσκευή ARMv6, δεν θα επωφεληθεί. Ως αποτέλεσμα, ο Thompson και Green ξεκίνησαν να κατασκευάζουν τα πακέτα των 19.000 Debian για τη συσκευή χρησιμοποιώντας ένα προσαρμοσμένο σύμπλεγμα δημιουργίας.</p>
--	---

Πίνακας 9 Για την παρουσίαση

Μετά την παρουσίαση του [22],

16 Απριλίου 2012	Εμφανίζονται οι πρώτες αναφορές από τους αγοραστές που είχαν πάρει το Raspberry Pi.
20 Απριλίου 2012	Τα σχέδια για το Μοντέλο Α και το Μοντέλο Β κυκλοφορούν.
18 Μαΐου 2012	Το Ίδρυμα αναφέρει στην ιστοσελίδα του για μια πρωτότυπη μονάδα φωτογραφικής μηχανής που είχε δοκιμάσει, κάμερα 14 – megapixel
22 Μαΐου 2012	Εστάλει περίπου 20.000 μονάδες
Ιούλιος 2012	Γίνεται η κυκλοφορία του προγράμματος Raspbian.
16 Ιουλίου 2012	Ανακοινώθηκε ότι κατασκευάζονται 4.000 μοντέλα κάθε ημέρα, και ότι επιτρέπεται η πώληση του Raspberry Pi στην αγορά.
24 Αυγούστου 2012	Η κωδικοποίηση του υλικού γρήγορου βίντεο (H.264) γίνεται διαθέσιμη αφού έγινε γνωστό ότι η υπάρχουσα άδεια καλύπτει επίσης την κωδικοποίηση. Γνωρίζαν ότι η κωδικοποίηση θα προστεθεί με την κυκλοφόρηση της κάμερας. Ωστόσο, δεν υπήρχε σταθερό λογισμικό για την κωδικοποίηση του hardware H.264. Την ίδια στιγμή το Ίδρυμα κυκλοφόρησε δύο επιπλέον κωδικοποιητές που μπορούν να αγοραστούν ξεχωριστά το MPEG-2 και το VC-1 της Microsoft. Επίσης, ανακοινώθηκε ότι

	η Pi θα εφαρμόσει CEC, επιτρέποντάς της να ελέγχεται με το τηλεχειριστήριο της τηλεόρασης.
5 Σεπτεμβρίου 2012	Το Ίδρυμα ανακοίνωσε μια δεύτερη παραλλαγή του μοντέλου Raspberry Pi B. Ανακοινώνεται η έκδοση 2.0, με ορισμένες μικρό διορθώσεις και βελτιώσεις.
6 Σεπτεμβρίου 2012	Το Ίδρυμα ανακοινώνει, ότι στο μέλλον το μεγαλύτερο μέρος των μονάδων Raspberry Pi θα κατασκευάζεται στο Ηνωμένο Βασίλειο, στη μονάδα παραγωγής της Sony στο Pencoed της Ουαλίας. Ως πρώτη εκτίμηση το εργοστάσιο θα παράγει 30.000 μονάδες το μήνα και θα δημιουργήσει περίπου 30 νέες θέσεις εργασίας.
15 Οκτωβρίου 2012	Ανακοινώνονται ότι τα νέα μοντέλα Raspberry Pi Model B+ θα είναι εξοπλισμένα με 512 MB αντί για 256 MB RAM.
24 Οκτωβρίου 2012	Το Ίδρυμα ανακοινώνει ότι, έχει κυκλοφορήσει ολόκληρος ο κώδικας του οδηγού VideoCore που τρέχει στο ARM ως ελεύθερο λογισμικό με άδεια τύπου BSD, καθιστώντας το « <i>το πρώτο SoC πολυμέσων βασισμένο σε ARM με πλήρως λειτουργικούς, πλήρως ανοικτού κώδικα προγράμματα που παρέχονται από πωλητές (αντίθετα με τους μερικούς, ανασχηματισμούς)</i> ».
Οκτώμβριο 2012	Υπήρξαν παράπονα από αγοραστές ότι η παραγγελία τους έχει καθυστερήσει έξι μήνες. Η απάντηση του Ιδρύματος ήταν ότι, υπάρχει δυσκολία προμήθειας CPU.
17 Δεκεμβρίου 2012	Το Ίδρυμα, σε συνεργασία με την IndieCity και τη Velocix, ανοίγει το Pi Store ως « <i>one-stop shop για όλες τις ανάγκες σας στο Raspberry Pi</i> ». Χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή που περιλαμβάνεται στο Raspbian, οι χρήστες μπορούν να περιηγηθούν σε διάφορες κατηγορίες και να κατεβάσουν ότι θέλουν.
3 Ιουνίου 2013	Εισάγεται το λογισμικό «New Out of Box» ή NOOBS. Αυτό καθιστά το Raspberry Pi πιο εύκολο στη χρήση, απλοποιώντας την εγκατάσταση ενός λειτουργικού συστήματος. Αντί να χρησιμοποιείται συγκεκριμένο λογισμικό για την προετοιμασία

	<p>μιας κάρτας SD, αποσυνδέεται ένα αρχείο και το περιεχόμενο αντιγράφεται σε μια κάρτα SD μορφοποιημένη σε FAT (4 GB ή μεγαλύτερη). Αυτή η κάρτα μπορεί στη συνέχεια να ξεκινήσει στο Raspberry Pi και μια επιλογή από έξι λειτουργικά συστήματα παρουσιάζεται για εγκατάσταση στην κάρτα. Το σύστημα περιέχει επίσης ένα «διαμέρισμα»-χώρο ανάκτησης που επιτρέπει την γρήγορη αποκατάσταση του εγκατεστημένου λειτουργικού συστήματος, εργαλεία για την τροποποίηση του αρχείου config.txt και ενός online κουμπιού βοήθειας και προγράμματος περιήγησης στο Web που κατευθύνει τα Raspberry Pi Forums.</p>
Οκτώμβριος 2013	<p>Το Ίδρυμα ανακοινώνει ότι το ένα εκατομμυριοστό Pi είχε κατασκευαστεί στο Ηνωμένο Βασίλειο.</p>
Νοέμβριο 2013	<p>Ανακοινώνουν ότι δεύτερο εκατομμυριοστό Pi στάλθηκαν μεταξύ 24 και 31 Οκτωβρίου.</p>
28 Φεβρουαρίου 2014	<p>Την ημέρα της δεύτερης επετείου του Raspberry Pi, η Broadcom, μαζί με το Ίδρυμα Raspberry Pi, ανακοίνωσαν την έκδοση πλήρους τεκμηρίωσης για τον πυρήνα γραφικών VideoCore IV, την αποσαφήνιση και την πλήρη απελευθέρωση των γραφικών stack κάτω από μια άδεια BSD 3-clause.</p>
7 Απριλίου 2014	<p>Το επίσημο blog του Raspberry Pi ανακοίνωσε τη μονάδα Raspberry Pi Compute, μια συσκευή με μνήμη DDR2 SO-DIMM που έχει διαμορφωθεί σε 200 ακίδες (αν και δεν είναι συμβατή με καμία τέτοια μνήμη RAM) και προορίζεται για σχεδιαστές ηλεκτρονικών ειδών ευρείας κατανάλωσης ως πυρήνα των δικών τους προϊόντων</p>
Ιούνιος 2014	<p>Το επίσημο blog Raspberry Pi ανέφερε ότι το τριτοεκατομμύριοστό Pi που αποστάλθηκε στις αρχές Μαΐου 2014.</p>
14 Ιουλίου 2014	<p>Ανακοινώνει για το Raspberry Pi Model B +, <i>«την τελική εξέλιξη του αρχικού Raspberry Pi. Με την ίδια τιμή με την αρχική Raspberry Pi μοντέλο B, αλλά ενσωματώνοντας πολλές μικρές βελτιώσεις που οι άνθρωποι ζητούσαν».</i></p>

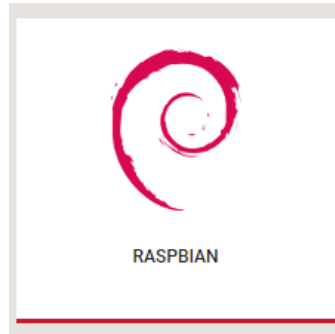
10 Νοεμβρίου 2014	Ανακοινώνεται ότι το Raspberry Pi Model A +, είναι το μικρότερο και το φθηνότερο (US \$ 20) Raspberry Pi μέχρι στιγμής και έχει τον ίδιο επεξεργαστή και μνήμη RAM με το μοντέλο A. Όπως και το A, δεν διαθέτει θύρα Ethernet, μόνο μια θύρα USB, αλλά έχει τις υπόλοιπες καινοτομίες του B +, όπως είναι η χαμηλότερη ισχύς, υποδοχή κάρτας micro-SD και GPIO συμβατό με 40 ακίδες HAT.
2 Φεβρουαρίου 2015	Έρχεται το Raspberry Pi 2. Θυμίζοντας το Μοντέλο B +. Διαθέτει επεξεργαστή ARMv7 Cortex-A7 τετραπλού πυρήνα 900 MHz, διπλάσια μνήμη (συνολικά 1 GB) και πλήρη συμβατότητα με την αρχική γενιά του Raspberry Pi.
14 Μαΐου 2015	Η τιμή του μοντέλου B + μειώθηκε από 35 σε 25 δολάρια ΗΠΑ, θεωρούμενη ως «παρενέργεια των βελτιστοποιήσεων της παραγωγής» από την ανάπτυξη Pi 2. Ωστόσο, οι παρατηρητές της βιομηχανίας έχουν παρατηρήσει με σκεπτικισμό ότι η πτώση των τιμών φαίνεται να αποτελεί άμεση απάντηση στον ανταγωνιστή χαμηλού κόστους CHIP.
26 Νοεμβρίου 2015	Το Ίδρυμα Raspberry Pi ξεκίνησε το Raspberry Pi Zero, το μικρότερο και φθηνότερο μέλος της οικογένειας Raspberry Pi, στα 65 mm × 30 mm και US \$5. Το Zero είναι παρόμοιο με το μοντέλο A+ χωρίς υποδοχές κάμερας και LCD, ενώ είναι μικρότερο και καταναλώνει λιγότερη ενέργεια.
29 Φεβρουαρίου 2016	«Εμφανίζεται» το Raspberry Pi 3 με τετραπλό επεξεργαστή 64Mbit BCM2837 1.2 GHz με βάση το ARMv8 Cortex-A53, με ενσωματωμένο Wi-Fi BCM43438 802.11n 2.4 GHz και Bluetooth 4.1. Χαμηλή ενέργεια (BLE). Ξεκινώντας με μια Raspbian έκδοση 32-bit, με 64-bit έκδοση αργότερα να έρθει αν «υπάρχει αξία στην μετάβαση σε λειτουργία 64-bit».
Φεβρουάριο 2016	Λέγεται ότι μια νέα υπομονάδα Compute Module που βασίζεται στο BCM2837 αναμένεται να εισαχθεί λίγους μήνες αργότερα. Μέχρι τότε έχουν πουληθεί 8 εκατομμύρια συσκευές Raspberry Pi, καθιστώντας τον καλύτερο υπολογιστή, μπροστά από το

	Amstrad PCW. Οι πωλήσεις έφθασαν τα 10 εκατομμύρια τον Σεπτέμβριο του 2016.
25 Απριλίου 2016	Στο προσκήνιο έρχεται η Raspberry Pi Camera v2.1 που ανακοινώθηκε με 8 Mpixels, σε κανονική και NoIR (μπορεί να λάβει εκδόσεις IR). Η κάμερα χρησιμοποιεί το τσιπ Sony IMX219 με ανάλυση 3280 × 2464. Για να χρησιμοποιήσει τη νέα ανάλυση, το λογισμικό πρέπει να ενημερωθεί.
10 Οκτωβρίου 2016	Η NEC Display Solutions με την σειρά της ανακοινώνει ότι ορισμένα μοντέλα εμπορικών οθονών που θα κυκλοφορήσουν στις αρχές του 2017 θα ενσωματώσουν μια ηλεκτρονική μονάδα Raspberry Pi 3 Compute.
14 Οκτωβρίου 2016	Το Ίδρυμα Raspberry Pi ανακοινώνει τη συνεργασία τους με την NEC Display Solutions
25 Νοεμβρίου 2016	11 εκατομμύρια κομμάτια είχαν πουληθεί
16 Ιανουαρίου 2017	Αναμένουν ότι η ηλεκτρονική μονάδα Raspberry Pi 3 Compute θα είναι διαθέσιμη στο ευρύ κοινό μέχρι τα τέλη του 2016.
28 Φεβρουαρίου 2017	Κυκλοφορούν, το Compute Module 3 και Compute Module Lite 3. Λίγο μετά κυκλοφόρησε το Raspberry Pi Zero W με Wi-Fi και Bluetooth μέσω κεραίας κλίμακας κεραιών.
14 Μαρτίου 2018	Το Raspberry Pi Foundation παρουσίασε το Raspberry Pi 3 Model B + με βελτιώσεις στην απόδοση του ελαττωματικού υπολογιστή, την ενημερωμένη έκδοση του επεξεργαστή εφαρμογών Broadcom, την καλύτερη ασύρματη Wi-Fi και την απόδοση Bluetooth ειδικά για τη ζώνη των 5GHz.
15 Νοεμβρίου 2018	Κυκλοφόρησε το Raspberry Pi 3 Model A + [21]
28 Ιανουαρίου 2019	Κυκλοφόρησε το Compute Module 3+ (CM3 + / Lite, CM3 + / 8 GB, CM3 + / 16 GB και CM3 + / 32 GB) [21]
24 Ιουνίου 2019	Κυκλοφόρησε το Raspberry Pi 4 Model B. [21]
10 Δεκεμβρίου 2019	30 εκατομμύρια μονάδες πωλήθηκαν, οι πωλήσεις είναι περίπου 6 εκατομμύρια ετησίως [21]
28 Μαΐου 2020	8 GB Raspberry Pi 4 ανακοινώθηκε για 75 \$. Το λειτουργικό σύστημα δεν ονομάζεται πλέον "Raspbian" (Εικόνα 21), αλλά

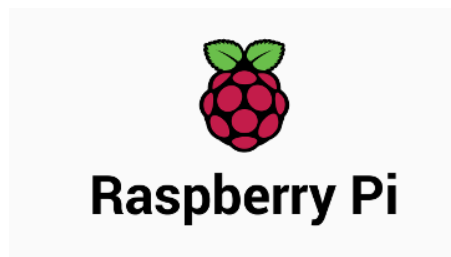
	"Raspberry Pi OS" (Εικόνα 22) και μια επίσημη έκδοση 64-bit είναι διαθέσιμη σε Beta. [21]
--	---

Πίνακας 10 Μετά την παρουσίαση

Το Raspberry Pi ανανεώνεται και παρουσιάζει καινούργια προϊόντα συνέχεια, καθώς είναι κάτι αρκετά καινούργιο στην αγορά, σε σχέση με το Arduino.



Εικόνα 21 Raspbian



Εικόνα 22 Raspberry Pi OS



Εικόνα 23 NOOBS

3.1.4 Γλώσσες Προγραμματισμού

Το Raspberry Pi Trading είναι υπεύθυνο για την ανάπτυξη της τεχνολογίας, ενώ το Ίδρυμα έχει εκπαιδευτικό φιλανθρωπικό χαρακτήρα για την προώθηση της διδασκαλίας βασικής πληροφορικής στα σχολεία και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Το Ίδρυμα παρέχει το Raspbian, μια διανομή Linux που βασίζεται στο Debian³ για λήψη, καθώς και τρίτους Ubuntu, Windows 10 IoT Core, RISC OS και εξειδικευμένες διανομές κέντρων μέσω. Προωθεί την

³ Το Debian, αποτέλεσμα του Debian Project, είναι ελεύθερο λογισμικό που αναπτύσσεται μέσω της συνεργασίας εθελοντών από όλο τον κόσμο. Βασίζεται στον πυρήνα Linux και στην ομάδα βασικών εργαλείων του εγχειρήματος GNU.

Python και το Scratch ως την κύρια γλώσσα προγραμματισμού, με υποστήριξη πολλών ακόμα γλωσσών. Το προεπιλεγμένο υλικολογισμικό (firmware) είναι κλειστή πηγή, ενώ είναι διαθέσιμη μια ανεπίσημη ανοικτή πηγή.

Το Raspberry Pi [21] σχεδιάστηκε για να ενθαρρύνει τους νέους να μάθουν να κωδικοποιούν. Το Ίδρυμα του Raspberry Pi προτείνει την γλώσσα Python για τους νέους χρήστες που ξεκινάνε τώρα την περιήγηση τους πάνω σε αυτό. Το «Pi» στο Raspberry Pi έρχεται από την γλώσσα προγραμματισμού Python, οπότε η ιδέα του προγραμματισμού γράφεται στο όνομα του ίδιου του υπολογιστή. Στο σύντομο χρονικό διάστημα που έκανε την εμφάνιση του Raspberry Pi, ένας μεγάλος αριθμός γλωσσών προγραμματισμού προσαρμόστηκε στα δεδομένα του, είτε από τον δημιουργό της γλώσσας, που ήθελε να υποστηρίξει το Pi μεταφέροντας τη δημιουργία τους, είτε από τους ενθουσιώδη χρήστες που ήθελαν να δουν την γλώσσα επιλογής τους στην διάθεση τους. Έτσι, αυτή η πληθώρα γλωσσών μιλάει για μεγάλες διαστάσεις που μπορεί να φτάσει και να αναπτυχθεί γύρω από το Pi και από ότι φαίνεται, αυτή η μεγάλη υποστήριξη θα συνεχιστεί για πολύ ακόμα. Οποιαδήποτε γλώσσα που θα μεταγλωττιστεί για ARMv6, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με το Raspberry Pi, αν και δεν περιορίζεται στη χρήση της Python. Οι γλώσσες Python, C, C ++, Java, Scratch και Ruby, εγκαθίστανται από προεπιλογή στο Raspberry Pi [23]. Η γλώσσα Scratch συνίσταται για τα μικρότερες ηλικίες.

SCRATCH

Η γλώσσα προγραμματισμού Scratch [24], είναι μια βασική γλώσσα που έρχεται ως πρότυπο στο Raspbian-Raspberry Pi OS. Δημιουργήθηκε αρχικά από το Lifelong Kindergarten Group στο MIT Media Lab στη Βοστώνη των Η.Π.Α., με σκοπό να βοηθήσει τους νέους να μάθουν μαθηματικές και υπολογιστικές έννοιες ενώ παράλληλα έχουν τη διασκέδαση να κάνουν πράγματα.

PYTHON

Η Python [25] είναι μια από τις κύριες γλώσσες προγραμματισμού που φιλοξενούνται στο Raspberry Pi. Η Python πήρε το όνομά της από το Flying Circus του Monty Python (το Raspberry Pi ονομάστηκε και από τον Monty Python), ο Ολλανδός προγραμματιστής που δημιούργησε την Python ήταν ένας μεγάλος θαυμαστής του Monty Python.

HTML

Η HTML [26] [27] είναι η γλώσσα σήμανσης που κάνει το World Wide Web (www.). Σχεδιάστηκε από τον Tim Berners-Lee ενώ εργαζόταν στο CERN στη Γενεύη ως μέσω για να επιτρέψει στους επιστήμονες του οργανισμού να μοιράζονται τα έγγραφα μεταξύ τους. Η HTML είναι το κύριο δομικό στοιχείο του Διαδικτύου – «λέει» στο πρόγραμμα περιήγησης

που θέλουμε πώς να σχεδιάζει κάθε ιστοσελίδα, και επιτρέπει σε έναν ιστότοπο να συνδέεται με έναν άλλο ιστότοπο. Η τελευταία έκδοση είναι HTML5. Μέσα από τον ριζοσπαστικό επανασχεδιασμό της, γίνεται η ενσωμάτωση βίντεο ή ήχου σε ιστοσελίδες ή/και η δημιουργία εφαρμογών που θα λειτουργούν εύκολα σε οποιοδήποτε smartphone ή tablet.

JavaScript

Η JavaScript [28] [29] είναι μια γλώσσα δέσμης ενεργειών που λειτουργεί παράλληλα με την HTML για να προσθέσει δια-δραστικότητα στους ιστότοπους. Δημιουργήθηκε και διατηρείται από την κοινοπραξία World Wide Web, η οποία επίσης φροντίζει για HTML και CSS. Προσθέτει δέσμες ενεργειών από την πλευρά του πελάτη σε προγράμματα περιήγησης ιστού, πράγμα που σημαίνει ότι εκείνος θα μπορούσε να δημιουργήσει κουμπιά ανατροπής και αναπτυσσόμενα μενού και να κάνει υπολογισμούς και πολλά άλλα. Πήρε μια νέα μορφή όταν συνδυάστηκε με την XML για να γίνει AJAX, η οποία υιοθετήθηκε από εταιρείες όπως την «Google» και την «Yahoo!» για τη βελτίωση της χρηστικότητας, μεταξύ άλλων, των ηλεκτρονικών χαρτών τους.

Άλλες γλώσσες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Pi πλακέτα είναι: HTML5, JavaScript και JQuery, Perl, Erlang. Πιο αναλυτικά θα δούμε παρακάτω τις 10 κορυφαίες γλώσσες για το Raspberry Pi.

JQUERY

Το JQuery [30] [31] είναι η δημοφιλέστερη βιβλιοθήκη JavaScript. Τρέχει σε οποιοδήποτε πρόγραμμα περιήγησης και καθιστά πολύ πιο απλό το scripting HTML. Με το JQuery, μπορεί ο χρήστης να δημιουργήσει, εμπλουτισμένες διεπαφές ιστού και δια-δραστικά στοιχεία με λίγη μόνο γνώση JavaScript.

JAVA

Όταν η Java [32] πρωτοεμφανίστηκε, παρουσιάστηκε με ενθουσιασμό από τους προγραμματιστές ως την πρώτη γλώσσα προγραμματισμού με την οποία θα μπορούσε να γραφτεί ένα πρόγραμμα που θα τρέχει σε οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα, μηχανές Windows και Unix, χωρίς να χρειάζεται να ξαναγραφτεί ο κώδικας. Αυτό ήταν ένα μεγάλο άλμα προς τα εμπρός. Οι προγραμματιστές δεν χρειάζεται πλέον να γράφουν σε διαφορετικές γλώσσες για κάθε λειτουργικό σύστημα ή να συνθέτουν διαφορετικές επαναλήψεις για κάθε υπολογιστή, που θέλουν να τρέξει ο κώδικας τους. Θα μπορούν απλώς να συντάξουν τον κώδικα μια φορά και θα τρέχει οπουδήποτε. Αρχικά σχεδιάστηκε για τη Interactive TV από τους δημιουργούς της, τον James Gosling, τον Mike Sheridan και τον Patrick Naughton και πήρε το όνομά του από τον καφέ Java που οι δημιουργοί κατανάλωναν σε ποσότητα.

C

Η γλώσσα προγραμματισμού C [33] [34] γράφτηκε από τον Dennis Ritchie, χρησιμοποιώντας τη γλώσσα του Brian Kernighan ως μοντέλο του. Η C είναι μία από τις πιο διαδεδομένες γλώσσες στον κόσμο, που χρησιμοποιούνται σε όλα τα πλήρη λειτουργικά συστήματα έως τις απλές γλώσσες προγραμματισμού. Η Linux, το λειτουργικό σύστημα που τρέχει το Raspberry Pi, είναι σε μεγάλο βαθμό γραμμένο σε C και ενσωματώνεται σε όλα τα συστήματα Linux και Unix. Ο σχεδιασμός για την C επηρέασε πολλές άλλες γλώσσες προγραμματισμού, όπως τη Python, τη Java, τη JavaScript και μια γλώσσα προγραμματισμού που ονομάζεται D. Έχει επίσης επεκταθεί ο στόχος της C, δηλαδή είναι η γλώσσα που χρησιμοποιείται για την εγγραφή εφαρμογών για iPhones και iPads.

C++

Η C ++ [35] [36] αναπτύχθηκε από τον Δανό προγραμματιστή Bjarne Stroustrup ως έναν τρόπο ενίσχυσης του C. Η C ++ χρησιμοποιείται σε πολλές διαφορετικές περιστάσεις, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού υλικού, του ενσωματωμένου λογισμικού (για κινητά τηλέφωνα), των γραφικών εφαρμογών και των προγραμματιστικών βιντεοπαιχνιδιών. Η C ++ προσθέτει αντικειμενοστραφή χαρακτηριστικά σε C. Άλλες αντικειμενοστραφείς γλώσσες είναι η Java, Smalltalk, Ruby και Net.

PERL

Η Perl [37] ονομάστηκε «ταινία αγωγού που συγκρατεί το Διαδίκτυο μαζί». Λήφθηκε αυτό το όνομα λόγω της ευελιξίας και της προσαρμοστικότητάς του. Πριν έρθει η Perl, το Διαδίκτυο ήταν μόνο μια συλλογή από στατικές σελίδες. Η Perl πρόσθεσε ένα δυναμικό στοιχείο, το οποίο σήμαινε ότι για πρώτη φορά, οι ιστοτόποι θα μπορούσαν να συγκεντρωθούν εν κινήσει. Μεταξύ άλλων, επέτρεψε να δημιουργηθεί το ηλεκτρονικό εμπόριο και τοποθεσίες όπως το Amazon και το eBay.

ERLANG

Η Erlang [38] [39] είναι μια γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται όταν δεν υπάρχει περιθώριο για αποτυχία. Έχει χαρακτηριστικά ταυτοχρονισμού και συλλογής απορριμμάτων. Με την Erlang, μπορεί να δημιουργήσει προγράμματα που εκτελούνται σε διάφορους υπολογιστές. Σχεδιάστηκε έτσι ώστε, εάν αποτύχει ένας υπολογιστής, οι άλλοι να το καταφέρνουν, πράγμα που σημαίνει ότι το σύστημα δεν πέφτει ποτέ.

3.2 ΑΝΑΛΥΣΗ RASPBERRY Pi

3.2.1 HARDWARE

Το hardware του Raspberry Pi [40] [41] [42] έχει εξελιχθεί σε διάφορες εκδόσεις που χαρακτηρίζονται από παραλλαγές στη χωρητικότητα της μνήμης και την υποστήριξη περιφερειακών συσκευών. Το μοντέλο A, A + και το Pi Zero στερούνται τα στοιχεία του διανομέα Ethernet και USB. Ο προσαρμογέας Ethernet είναι εσωτερικά συνδεδεμένος σε μια πρόσθετη θύρα USB. Στα μοντέλα A, A + και Pi Zero, η θύρα USB συνδέεται απευθείας στο σύστημα σε ένα τσιπ (SoC). Στο μοντέλο Pi 1 Model B + και σε νεότερα μοντέλα, το τσιπ USB / Ethernet περιέχει έναν διανομέα USB πέντε σημείων, εκ των οποίων οι τέσσερις θύρες είναι διαθέσιμες, ενώ το Pi 1 Model B παρέχει μόνο δύο. Στο Pi Zero, η θύρα USB συνδέεται επίσης απευθείας στο SoC, αλλά χρησιμοποιεί μια θύρα micro USB (OTG).

Σχετικά με τον επεξεργαστή, το Broadcom⁴ BCM2835 SoC που χρησιμοποιήθηκε στην πρώτη γενιά Raspberry Pi είναι κάπως ισοδύναμο με το chip που χρησιμοποιήθηκε στα πρώτα smartphone της σύγχρονης γενιάς (η CPU είναι μια παλαιότερη αρχιτεκτονική ARMv6), η οποία περιλαμβάνει επεξεργαστή ARM1176JZF-S 700 MHz, γραφικά VideoCore IV μονάδα επεξεργασίας (GPU), και RAM. Έχει μια προσωρινή μνήμη επιπέδου 1 (L1) 16 KB και μια προσωρινή μνήμη επιπέδου 2 (L2) 128 KB. Η κρυφή μνήμη επιπέδου 2 χρησιμοποιείται κυρίως από τη GPU. Το SoC στοιβάζεται κάτω από το τσιπ RAM, οπότε μόνο η άκρη του είναι ορατή. Το προηγούμενο μοντέλο V1.1 του Raspberry Pi 2 χρησιμοποίησε ένα Broadcom BCM2836 SoC με επεξεργαστή ARM Cortex-A7 τετραπλού πυρήνα 900 MHz, με κοινή μνήμη L2 256 KB. Το Raspberry Pi 2 V1.2 αναβαθμίστηκε σε Broadcom BCM2837 SoC με επεξεργαστή ARM Cortex-A53 64-bit quad-core 1,2 GHz, το ίδιο SoC το οποίο χρησιμοποιείται στο Raspberry Pi 3, αλλά είναι υποκλωτισμένο στην ίδια ταχύτητα ρολογιού CPU 900 MHz με την ταχύτητα V1.1. Το BCM2836 SoC δεν είναι πλέον σε παραγωγή (από τα τέλη του 2016). Το Raspberry Pi 3+ χρησιμοποιεί ένα Broadcom BCM2837B0 SoC με επεξεργαστή ARM Cortex-A53 τετραπλού πυρήνα των 64-bit, με 512 KB κοινόχρηστη μνήμη L2. Το Raspberry Pi 4 χρησιμοποιεί ένα Broadcom BCM2711 SoC με επεξεργαστή τετραπύρηνου ARM Cortex-A72 1,5 GHz 64 bit, με κοινόχρηστη μνήμη L2 1MB. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα μοντέλα, τα οποία όλα χρησιμοποίησαν έναν προσαρμοσμένο ελεγκτή διακοπής που δεν ήταν κατάλληλος για εικονικοποίηση, ο ελεγκτής διακοπής σε αυτό το SoC είναι συμβατός με την αρχιτεκτονική

⁴ Η Broadcom Cooperation [79] είναι μια αμερικανική εταιρία ημιαγωγών fabless στην επιχείρηση ασύρματης και ευρυζωνικής επικοινωνίας. Η εταιρεία έχει την έδρα της στο Irvine της Καλιφόρνια. Η Broadcom ιδρύθηκε από τον καθηγητή-μαθητή Henry Samueli και τον Henry T. Nicholas III από το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας του Λος Άντζελες (UCLA) το 1991

ARM Generic Interrupt Controller (GIC) 2.0, παρέχοντας υποστήριξη υλικού για διανομή διακοπής κατά τη χρήση δυνατοτήτων εικονικοποίησης ARM. Τα Raspberry Pi Zero και Zero W χρησιμοποιούν το ίδιο Broadcom BCM2835 SoC με το Raspberry Pi πρώτης γενιάς, αν και τρέχουν τώρα με ταχύτητα ρολογιού CPU 1 GHz.

3.2.1.1 Επεξεργαστής

Το Raspberry Pi 3, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, διαθέτει έναν επεξεργαστή τετραπλού πυρήνα ARM Cortex-A53, περιγράφεται ως 10 φορές η απόδοση ενός Raspberry Pi 1. Αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το threading των εργασιών και τη χρήση των εντολών. Οι δείκτες αναφοράς έδειξαν ότι το Raspberry Pi 3 είναι περίπου 80% ταχύτερο από το Raspberry Pi 2 σε παράλληλες εργασίες [43]. Το Raspberry Pi 2 V1.1 περιλάμβανε έναν επεξεργαστή Quad-core Cortex-A7 που λειτουργούσε στα 900 MHz και 1 GB RAM. Περιεγράφηκε ως 4-6 φορές πιο ισχυρή από τον προκάτοχό της. Η GPU είναι πανομοιότυπη με την αρχική. Σε παράλληλα σημεία αναφοράς, το Raspberry Pi 2 V1.1 μπορεί να είναι έως 14 φορές ταχύτερο από το Raspberry Pi 1 Model B +, ενώ λειτουργούσε στα 700 MHz από προεπιλογή, η Raspberry Pi πρώτης γενιάς παρείχε απόδοση πραγματικού χρόνου περίπου ισοδύναμη με 0,041 GFLOPS. Σε επίπεδο CPU, η απόδοση είναι παρόμοια με Pentium II 300 MHz της περιόδου 1997-99. Η GPU παρέχει επεξεργασίες γραφικών 1 Gpixel / s ή 24 GFLOPS υπολογιστικής απόδοσης γενικής χρήσης. Οι γραφικές δυνατότητες του Raspberry Pi είναι σχεδόν ισοδύναμες με τις επιδόσεις του Xbox του 2001. Ο μοναδικός κόμβος LINPACK υπολογίζει τα αποτελέσματα αναφοράς σε μια μέση απόδοση απλής ακρίβειας 0.065 GFLOPS και μία μέση απόδοση διπλής ακρίβειας 0.041 GFLOPS για μία πλακέτα Raspberry Pi Model-B. Ένα σύμπλεγμα 64 υπολογιστών Raspberry Pi Model B, με την ονομασία "Iridis-pi", πέτυχε ένα αποτέλεσμα σειράς LINPACK HPL 1,14 GFLOPS στα 216 Watt για US \$ 4000. Το Raspberry Pi 4, με επεξεργαστή τετραπύρηνου ARM Cortex-A72, περιγράφεται ότι έχει τρεις φορές την απόδοση ενός Raspberry Pi 3 [44].

Σχετικά με το **overclocking του επεξεργαστή**, τα περισσότερα τσιπ Raspberry Pi θα μπορούσαν να υπερχρονιστούν στα 800 MHz και κάποια έως τα 1000 MHz. Υπάρχουν αναφορές ότι το Raspberry Pi 2 μπορεί να υπερχρονιστεί ομοίως, σε ακραίες περιπτώσεις, ακόμα και στα 1500 MHz (απορρίπτοντας όλα τα χαρακτηριστικά ασφαλείας και τους περιορισμούς υπερβολικής τάσης) [45]. Στο Raspbian Linux distro, οι επιλογές overclocking κατά την εκκίνηση μπορούν να γίνουν με μια εντολή λογισμικού που τρέχει "sudo raspi-config"

(χωρίς να ακυρώσει την εγγύηση). Σε αυτές τις περιπτώσεις, το Pi κλείνει αυτόματα το overclocking αν το τσιπ φτάσει τους 85°C αλλά είναι δυνατό να παρακάμψει τις ρυθμίσεις αυτόματης υπέρβασης τάσης και overclocking (ακυρώνοντας την εγγύηση). Ένας κατάλληλος ψύκτης θερμότητας απαιτείται για την προστασία του τσιπ από σοβαρή υπερθέρμανση. Οι νεότερες εκδόσεις του firmware περιέχουν την επιλογή ανάμεσα σε πέντε προεπιλογές overclock ("turbo") οι οποίες, όταν χρησιμοποιούνται, προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν την απόδοση του SoC χωρίς να υποβαθμίσουν τη διάρκεια ζωής του πίνακα. Αυτό γίνεται μέσω της παρακολούθησης της θερμοκρασίας του πυρήνα του τσιπ, του φορτίου της CPU και της δυναμικής ρύθμισης των ταχυτήτων του ρολογιού και της τάσης του πυρήνα. Όταν η ζήτηση είναι χαμηλή στη CPU ή λειτουργεί σε υψηλές θερμοκρασίες, η απόδοση υποχωρεί, αλλά εάν η CPU έχει πολλά να κάνει και η θερμοκρασία του τσιπ είναι αποδεκτή, η απόδοση αυξάνεται προσωρινά με ταχύτητες ρολογιού μέχρι 1 GHz ανάλογα με το άτομο και από ποια από τις ρυθμίσεις turbo χρησιμοποιείται.

Οι επτά προ ρυθμίσεις overclock είναι [46]:

- None: 700 MHz ARM, πυρήνα 250 MHz, 400 MHz SDRAM, 0 υπέρθεση
- Modest: 800 MHz ARM, πυρήνα 250 MHz, 400 MHz SDRAM, 0 υπέρθεση
- Medium: 900 MHz ARM, πυρήνα 250 MHz, SDRAM 450 MHz, 2 υπέρθεση
- High: 950 MHz ARM, πυρήνα 250 MHz, SDRAM 450 MHz, 6 υπέρθεση,
- Turbo: 1000 MHz ARM, πυρήνα 500 MHz, SDRAM 600 MHz, 6 υπέρθεση
- Pi 2: 1000 MHz ARM, πυρήνα 500 MHz, SDRAM 500 MHz, 2 υπέρθεση
- Pi 3: 1100 MHz ARM, πυρήνα 550 MHz, SDRAM 500 MHz, 6 υπέρθεση. Σε πληροφορίες συστήματος, η ταχύτητα της CPU θα εμφανιστεί στα 1200 MHz. Όταν η ταχύτητα ρελαντί μειώνεται στα 600 MHz.

Στην υψηλότερη (turbo) προεπιλογή το ρολόι SDRAM ήταν αρχικά 500 MHz, αλλά αργότερα αυτό άλλαξε σε 600 MHz, επειδή 500 MHz προκαλούν μερικές φορές φθορά στην κάρτα SD. Ταυτόχρονα σε υψηλή λειτουργία, η ταχύτητα του πυρήνα μειώθηκε από 450 σε 250 MHz, και στη μέση λειτουργία από 333 έως 250 MHz. Το Raspberry Pi Zero λειτουργεί σε 1 GHz. Η CPU στην πλακέτα Raspberry Pi της πρώτης και της δεύτερης γενιάς δεν απαιτούσε ψύξη, όπως η ψήκτρα ή ο ανεμιστήρας, ακόμη και όταν ήταν overclocked, αλλά το Raspberry Pi 3 μπορεί να παράγει περισσότερη θερμότητα όταν επέλθει σε κορεσμό.

3.2.1.2 RAM

Στις παλαιότερες πινακίδες πρότυπου τύπου B, 128 MB διατέθηκε από προεπιλογή στη GPU, αφήνοντας 128 MB για την CPU. Στα πρώτα 256 MB απελευθέρωσης Μοντέλο B (και Μοντέλο A), τρεις διαφορετικές διαχωρίσεις ήταν δυνατές. Η προεπιλεγμένη διαίρεση ήταν 192 MB (RAM για CPU), η οποία θα πρέπει να επαρκεί για αυτόνομη αποκωδικοποίηση βίντεο 1080p ή για απλό 3D, αλλά πιθανώς όχι και για τα δύο. Το μέγεθος των 224 MB ήταν μόνο για Linux, με μόνο ένα framebuffer 1080p και ήταν πιθανό να αποτύχει για οποιοδήποτε βίντεο ή 3D. Τα 128 MB προοριζόταν για μεγαλύτερο μέγεθος 3D, πιθανώς και με αποκωδικοποίηση βίντεο (π.χ. XBMC). Συγκριτικά, το Nokia 701 χρησιμοποιεί 128 MB για το Broadcom VideoCore IV [47].

Για το τελευταίο μοντέλο B με αρχική μνήμη RAM 512 MB, κυκλοφόρησαν νέα αρχεία τυπικής μνήμης (arm256_start.elf, arm384_start.elf, arm496_start.elf) για μνήμη CPU RAM 256 MB, 384 MB και 496 MB (και 256 MB, 128 MB, και 16 MB video RAM). Αλλά μια εβδομάδα αργότερα το RPF κυκλοφόρησε μια νέα έκδοση start.elf που θα μπορούσε να διαβάσει μια νέα καταχώρηση στο config.txt και θα μπορούσε να αναθέσει δυναμικά μια ποσότητα μνήμης RAM (από 16 έως 256 MB σε 8 MB βήματα) στην GPU, οπότε η παλαιότερη μέθοδος διαχωρισμού μνήμης έπαψε να είναι παρωχημένη και ένα single start.elf δούλεψε το ίδιο για το Raspberry Pi 256 και 512 MB. Το Raspberry Pi 2 και το Raspberry Pi 3 έχουν 1 GB μνήμης RAM. Το Raspberry Pi Zero και Zero W έχουν 512 MB μνήμης RAM [48].

Το Raspberry Pi 2 διαθέτει 1 GB RAM. Το Raspberry Pi 3 διαθέτει 1 GB RAM στα μοντέλα B και B + και 512MB RAM στο μοντέλο A +. Τα Raspberry Pi Zero και Zero W έχουν 512MB μνήμης RAM [49]. Το Raspberry Pi 4 [50] διατίθεται με RAM 2, 4 ή 8 GB [51]. Ένα μοντέλο 1GB ήταν αρχικά διαθέσιμο κατά την κυκλοφορία τον Ιούνιο του 2019, αλλά σταμάτησε τον Μάρτιο του 2020 και το μοντέλο 8GB κυκλοφόρησε τον Μάιο του 2020 [52] [53].

3.2.1.3 Δίκτυο

Τα μοντέλα A, A + και Pi Zero δεν έχουν κανένα κύκλωμα Ethernet και είναι συνήθως συνδεδεμένα σε δίκτυο χρησιμοποιώντας εξωτερικό προσαρμογέα USB Ethernet ή προσαρμογέα Wi-Fi που παρέχεται από τον χρήστη. Στο μοντέλο B και B +, η θύρα Ethernet παρέχεται από ενσωματωμένο προσαρμογέα Ethernet USB χρησιμοποιώντας το τσιπ SMSC LAN9514. Το Raspberry Pi 3 και το Pi Zero W (ασύρματο) είναι εξοπλισμένα με 2.4 GHz Wi-Fi 802.11n(150 Mbit/s) και Bluetooth 4.1(24 Mbit/s) με βάση τσιπ Broadcom BCM43438 FullMAC χωρίς επίσημη υποστήριξη για λειτουργία Monitor και ανεπίσημη επένδυση

υλικολογισμικού και το Pi 3 διαθέτει επίσης θύρα Ethernet 10/100. Το Raspberry Pi 3 B + διαθέτει Wi-Fi IEEE 802.11b/g/n/ac διπλής ζώνης, Bluetooth 4.2 και Gigabit Ethernet (περιορίζεται σε περίπου 300 Mbit/s από το δίαυλο USB 2.0 μεταξύ και του SoC).

3.2.1.4 Περιφερειακές συνδέσεις

Το Raspberry Pi μπορεί να λειτουργήσει με οποιοδήποτε γενικό πληκτρολόγιο και ποντίκι υπολογιστή USB. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί με αποθήκευση USB, μετατροπείς USB σε MIDI και σχεδόν οποιαδήποτε άλλη συσκευή με δυνατότητες USB. Άλλα περιφερειακά μπορούν να συνδεθούν με τους διάφορους ακροδέκτες και τους συνδετήρες στην επιφάνεια του Raspberry Pi.

3.2.1.5 Βίντεο

Ο ελεγκτής βίντεο μπορεί να παράγει τυπικές σύγχρονες αναλύσεις τηλεόρασης, όπως HD και Full HD, καθώς και υψηλότερες ή χαμηλότερες αναλύσεις οθόνης, καθώς και παλαιότερες αναλύσεις TV NTSC ή PAL standard CRT. Όπως αποστέλλεται (δηλ. Χωρίς προσαρμοσμένο overclocking), μπορεί να υποστηρίξει αυτές τις αναλύσεις:

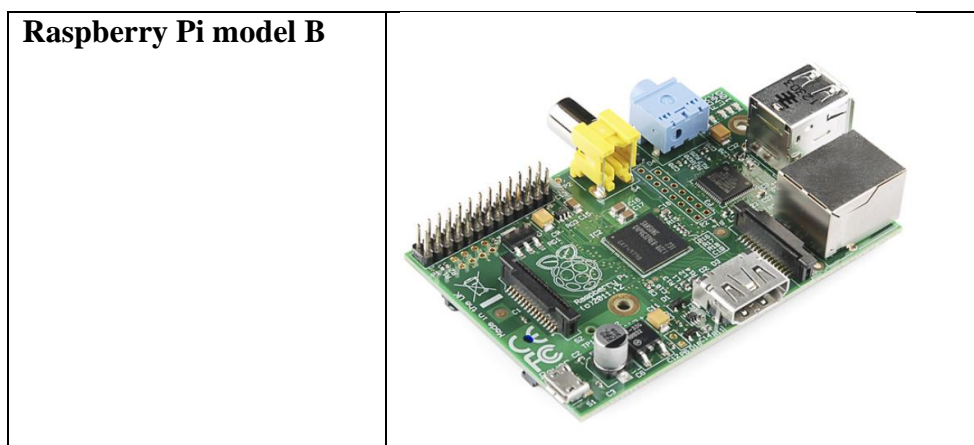
- 640 × 350 EGA.
- 640 × 480 VGA.
- 800 × 600 SVGA.
- 1024 × 768 XGA.
- 1280 × 720 720p HDTV.
- Παραλλαγή 1280 × 768 WXGA.
- Παραλλαγή 1280 × 800 WXGA.
- 1280 × 1024 SXGA.
- Παραλλαγή 1366 × 768 WXGA.
- 1400 × 1050 SXGA +.
- 1600 × 1200 UXGA.
- 1680 × 1050 WXGA +.
- 1920 × 1080 1080p HDTV.
- 1920 × 1200 WUXGA.






Μεγαλύτερες αναλύσεις, όπως μέχρι 2048 × 1152, μπορεί να λειτουργούν ή ακόμα και 3840 × 2160 στα 15 Hz (πολύ χαμηλό ρυθμό καρέ για πειστικά βίντεο). Επιτρέποντας τις υψηλότερες αναλύσεις, δεν σημαίνει ότι η GPU μπορεί να αποκωδικοποιήσει μορφές βίντεο σε αυτά. Στην πραγματικότητα, το Pi είναι γνωστό ότι δεν λειτουργεί αξιόπιστα για H.265 (σε αυτές τις υψηλές αναλύσεις), που χρησιμοποιούνται συνήθως για πολύ υψηλές αναλύσεις (οι





περισσότερες μορφές, που χρησιμοποιούνται συνήθως, μέχρι Full HD, δουλεύουν). Παρόλο που το Raspberry Pi 3 δεν διαθέτει υλικό αποκωδικοποίησης H.265, η CPU είναι πιο ισχυρή από τους προκατόχους της, πιθανώς αρκετά γρήγορη για να επιτρέψει την αποκωδικοποίηση βίντεο με κωδικοποίηση H.265 στο λογισμικό. Η GPU στο Raspberry Pi 3 τρέχει σε υψηλότερες συχνότητες ρολογιού των 300 MHz ή 400 MHz, σε σύγκριση με τις προηγούμενες εκδόσεις που έτρεχαν στα 250 MHz [54] [55]. Το Raspberry Pi μπορεί επίσης να παράγει σύνθετα σήματα 576i και 480i, όπως χρησιμοποιείται σε οθόνες τηλεόρασης παλαιού τύπου (CRT) και λιγότερο ακριβές οθόνες μέσω τυποποιημένων υποδοχών, είτε RCA είτε υποδοχή phono 3,5 mm ανάλογα με τα μοντέλα. Τα υποστηριζόμενα πρότυπα τηλεοπτικού σήματος είναι PAL-BGHID, PAL-M, PAL-N, NTSC και NTSC-J.

Από την εισαγωγή του Pi 4 B, κανένα μοντέλο Raspberry Pi δεν διαθέτει ενσωματωμένο ρολόι σε πραγματικό χρόνο. Κατά την εκκίνηση, ο χρόνος είναι προεπιλεγμένος να ρυθμιστεί μέσω του δικτύου χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο ώρας δικτύου. Η πηγή πληροφοριών χρόνου μπορεί να είναι ένας άλλος υπολογιστής στο τοπικό δίκτυο που διαθέτει ρολόι πραγματικού χρόνου ή διακομιστή NTP στο Διαδίκτυο, ο οποίος με τη σειρά του λαμβάνει πληροφορίες χρόνου από ένα ατομικό ρολόι στο Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (NIST). Εάν δεν υπάρχει σύνδεση δικτύου, η ώρα μπορεί να ρυθμιστεί χειροκίνητα ή να διαμορφωθεί ώστε να υποθέσει ότι δεν πέρασε χρόνος κατά τη διακοπή λειτουργίας. Στην τελευταία περίπτωση, ο χρόνος είναι μονοτονικός (τα αρχεία που αποθηκεύονται αργότερα έχουν πάντα μεταγενέστερες χρονικές σημάνσεις) αλλά μπορεί να είναι πολύ νωρίτερα από την πραγματική ώρα. Για συστήματα που απαιτούν ενσωματωμένο ρολόι σε πραγματικό χρόνο, διατίθενται πολλές μικρές, πρόσθετες πλακέτες χαμηλού κόστους με ρολόγια πραγματικού χρόνου.

3.2.2 Εκδόσεις Raspberry Pi [21]



<p>Raspberry Pi model A+</p>	
<p>Raspberry Pi Model A</p>	
<p>Raspberry Pi model B+</p>	
<p>Raspberry Pi Zero</p>	
<p>Raspberry Pi ZERO W</p>	

Raspberry Pi 3 model B	
Raspberry Pi Zero WH	
Raspberry Pi 3 model B+	
Raspberry Pi 4 Model B	

Πίνακας 11 Μοντέλα Raspberry Pi

3.2.3 Χαρακτηριστικά εν συντομία.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του Raspberry Pi 3 [56].

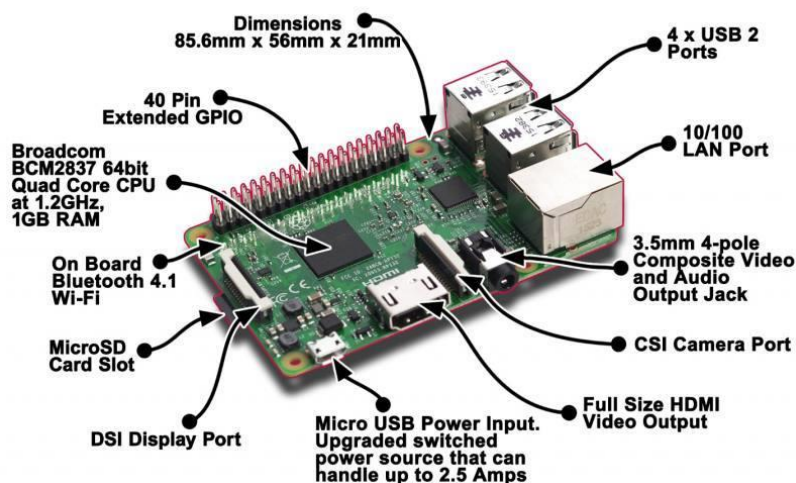
Το Raspberry Pi 3 Model B είναι ένας υπολογιστής σε μέγεθος πιστωτικής κάρτας. Το νέο Raspberry Pi 3 προσφέρει ταχύτερο επεξεργαστή 1.2GHz 64-Bit και μνήμη 1GB. Διαθέτει

Quad Core Processor 1.2GHz 64-Bit, 1GB RAM, 4 θύρες USB 2.0 για σύνδεση με πληκτρολόγιο, ποντίκι και άλλα περιφερειακά, θύρα Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth 4.1, έξοδο HDMI, έξοδο ήχου mini jack και microUSB υποδοχή για να την τροφοδοσία του. Για να λειτουργήσει το Pi 3 χρειάζεται τροφοδοσία 5V 2.5A και κάρτα microSD όπου θα εγκατασταθεί το λειτουργικό σύστημα.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ	
Επεξεργαστής	Broadcom BCM2387 chipset. 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53 (64Bit) 802.11 b/g/n Wireless LAN και Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)
Γραφικά	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor. Παρέχει Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG και 1080p30 υψηλής ευκρίνειας H.264 αποκωδικοποίηση. Δυνατότητα 1 Gpixel / s, 1.5 Gtexel / s ή 24G FLOPs με φιλτράρισμα υψής και υποδομή DMA
Μνήμη	1GB LPDDR2
Λειτουργικό Σύστημα	Boots από κάρτα Micro SD, με έκδοση λειτουργικού συστήματος Linux ή Windows 10 IoT
Τροφοδοσία	Micro USB socket 5V1, 2.5A
ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ	
Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4) Σύνθετο RCA (PAL and NTSC)
Audio Output	Audio Output 3.5mm jack HDMI USB 4 x USB 2.0 Connector

GPIO Connector	Κάρτα επέκτασης των 40 ακίδων 2,54 mm (100 εκατ.): Ταινία 2x20 Παρέχοντας 27 ακροδέκτες GPIO καθώς και γραμμές τροφοδοσίας +3,3 V, + 5 V και GND
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
Display Connector	Υποδοχή σειριακής διασύνδεσης οθόνης (DSI) 15 καναλιών με επίπεδη έξοδο καλωδίου με δύο λωρίδες δεδομένων και λωρίδα ρολογιού
Memory Card Slot	Push/pull Micro SDIO

Πίνακας 12 Χαρακτηριστικά Pi 3 Model B



Εικόνα 24 Λεπτομέρειες-Στοιχεία Pi 3 model B

3.2.4 Σύνδεση εισόδου-εξόδου γενικής χρήσης (GPIO)

Το Raspberry Pi 1 διαθέτει μοντέλο A + και B +, Pi 2 Μοντέλο B, Pi 3 Μοντέλο B και B + και Pi Zero και Zero W GPIO J8. Raspberry Pi 1 Τα μοντέλα A και B έχουν μόνο τις πρώτες 26 pins.

Ακροδέκτες

Οι ακροδέκτες του Raspberry Pi 3 Model B φαίνονται στην παρακάτω. Υπάρχουν 40 ακροδέκτες όπου η αρίθμηση ξεκινά από τον πάνω αριστερά ακροδέκτη. Ο πάνω δεξιά αποτελεί τον 2^ο ακροδέκτη. Κάθετα από τον 1^ο ακροδέκτη υπάρχουν οι μονοί αριθμοί ακροδεκτών, ενώ κάθετα από τον 2^ο ακροδέκτη υπάρχουν αντίστοιχα οι ζυγοί αριθμοί. Ο κάθε ακροδέκτης έχει το δικό του χαρακτηριστικό και απεικονίζεται με διαφορετικό χρώμα. Συνολικά υπάρχουν 9 διαφορετικά είδη. Πιο συγκεκριμένα:

- 4 ακροδέκτες για τάση.
- 8 ακροδέκτες για γείωση.
- 12 ακροδέκτες για γενική χρήση.
- 5 ακροδέκτες SPI.
- 4 ακροδέκτες PWM.
- 2 ακροδέκτες I²C.
- 2 ακροδέκτες UART.
- 1 ακροδέκτης CLK.
- 2 ακροδέκτες που δεν χρησιμοποιούνται.

Ορισμοί κάθε χαρακτηριστικού:

- I²C: Χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ πολλών απλών συσκευών και αισθητήρων μέσω μόνο δύο καλωδίων, με χαμηλές ταχύτητες.
- UART: Πρόσβαση σε σειριακή κονσόλα, μετάδοση δεδομένων κατά τη σειριακή σύνδεση, μετατροπή των bytes των δεδομένων σε bits.
- SPI: Διαβάζουν περίπλοκους αισθητήρες, απλές οθόνες, ή επικοινωνία μεταξύ συσκευών. Επικοινωνούν μια εξειδικευμένη συσκευή και μία άλλη πιο απλή με την εξειδικευμένη να συγχρονίζει. Τα δεδομένα μεταδίδονται στα GPIO10 και GPIO09. Η κάθε μετάδοση δεδομένων συγχρονίζεται από ένα χρονικό παλμό.
- PWM: Ρυθμίζουν την ταχύτητα.
- CLK: Χρονικά σήματα που χρησιμοποιούνται για να παρέχουν παλμούς με μέγιστη συχνότητα περίπου 75MHz.

Σε ποιο χαρακτηριστικό ανήκει ο κάθε ακροδέκτης.

- Οι ακροδέκτες Pin#1 και Pin#17 δίνουν τάση 3,3V.
- Οι ακροδέκτες Pin#2 και Pin#4 δίνουν τάση 5V.
- Οι ακροδέκτες Pin#6, Pin#9, Pin#14, Pin#20, Pin#25, Pin#30, Pin#34, Pin#39 δίνουν τάση 0V.
- Οι ακροδέκτες Pin#11, Pin#13, Pin#15, Pin#16, Pin#18, Pin#22, Pin#29, Pin#31, Pin#36, #37, #38, #40 χρησιμοποιούνται για γενική χρήση.
- Οι ακροδέκτες Pin#19, Pin#21, Pin#23, Pin#24, Pin#26 ανήκουν στην κατηγορία SPI.
- Οι ακροδέκτες Pin#12, Pin#32, Pin#33, Pin#35 ανήκουν στην κατηγορία PWM.
- Οι ακροδέκτες Pin#3, Pin#5 ανήκουν στην κατηγορία I²C.
- Οι ακροδέκτες Pin#8, Pin#10 ανήκουν στην κατηγορία UART.
- Ο ακροδέκτης Pin#7 ανήκει στην κατηγορία CLK.
- Οι ακροδέκτες Pin#27 και Pin#28 δεν χρησιμοποιούνται.



Εικόνα 25 Ακροδέκτες του Pi 3

Όπως αναφέρθηκε και πάνω τα Μοντέλα A και B σταματάνε στο 26^ο pin(έχουνε μόνο 26 pin). Μοντέλο B Pi 2 έχει επίσης ένα pad (που ονομάζεται P5 στον πίνακα και το P6 στα σχήματα) 8 ακίδων που προσφέρουν πρόσβαση σε επιπλέον 4 συνδέσεις GPIO

Function	2nd func.	Pin#	Pin#	2nd func.	Function
N/A	+5 V	1	2	+3.3 V	N/A
GPIO28	GPIO_GEN7	3	4	GPIO_GEN8	GPIO29
GPIO30	GPIO_GEN9	5	6	GPIO_GEN10	GPIO31
N/A	GND	7	8	GND	N/A

Εικόνα 26 Ακροδέκτες, P5-επιπλέον

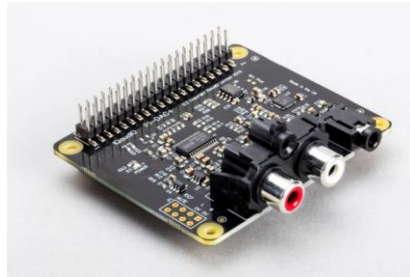
Τα μοντέλα A και B παρέχουν πρόσβαση GPIO στο LED κατάστασης ACT χρησιμοποιώντας το GPIO 16. Τα μοντέλα A + και B + παρέχουν πρόσβαση GPIO στο LED κατάστασης ACT χρησιμοποιώντας το GPIO 47 και το LED κατάστασης ισχύος χρησιμοποιώντας το GPIO 35.

3.2.5 Αξεσουάρ [57]

Το Raspberry Pi τα τελευταία χρόνια έχει πολλά περισσότερα αξεσουάρ από όταν πρωτοεμφανίστηκε στην αγορά. Η εταιρεία όταν ξεκίνησε δεν είχε εμφανίσει κάποιο, αλλά στα τέλη του 2018 εμφάνισε τα πρώτα της αξεσουάρ, μια κάμερα. Μέχρι σήμερα, έτος 2020, έχει αρκετά αξεσουάρ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν για όλες τις πλακέτες της. Πιο συγκεκριμένα, φαίνονται παρακάτω:

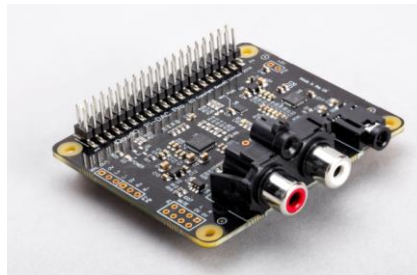
▪ IQaudio

- IQaudio DAC+, είναι μια έξοδος ήχου HAT για όλες τις γενιές του Raspberry Pi από το Raspberry Pi 1 Model B + και μετά. Υποστηρίζει ψηφιακό ήχο υψηλής ανάλυσης 24bit 192kHz. Χρησιμοποιεί το Texas Instruments PCM5122 DAC για την παράδοση στερεοφωνικού αναλογικού ήχου σε ένα ζευγάρι συνδέσμων phono και υποστηρίζει επίσης έναν ειδικό ενισχυτή ακουστικών.



Εικόνα 27 IQaudio Dac+

- IQaudio DAC Pro, είναι η υψηλότερη πιστότητα εξόδου ήχου HAT. Χρησιμοποιεί το Texas Instruments PCM5242 DAC για να προσφέρει εξαιρετική απόδοση αναλογίας σήματος προς θόρυβο από Raspberry Pi 1 Model B +, 2, 3 και 4 και υποστηρίζει ισορροπημένη/διαφορική έξοδο παράλληλα με έξοδο γραμμής επιπέδου phono/RCA. Περιλαμβάνει επίσης έναν ειδικό ενισχυτή ακουστικών.



Εικόνα 28 IQaudio Dac Pro

- IQaudio DigiAMP + χρησιμοποιεί το Texas Instruments TAS5756M PowerDAC για την άμεση σύνδεση με PASSIVE στερεοφωνικά ηχεία έως και 2x35wpc με μεταβλητή έξοδο. Ιδανικό για σύστημα hi-fi βασισμένο σε Raspberry Pi.



Εικόνα 29 IQaudio DigiAMP+

- IQaudio Codec Zero είναι ένας ήχος I/O HAT μεγέθους Raspberry Pi Zero. Παρέχει αμφίδρομα ψηφιακά σήματα ήχου (I²S) μεταξύ του Raspberry Pi Zero και του ενσωματωμένου κωδικοποιητή Dialog Semiconductor DA7212. Το Codec Zero υποστηρίζει μια γκάμα συσκευών εισόδου και εξόδου, από το ενσωματωμένο μικρόφωνο MEMS έως εξωτερικά μικρόφωνα mono electret και 1,2W, 8Ω μονοφωνικά ηχεία.



Εικόνα 30 IQaudio Codec Zero

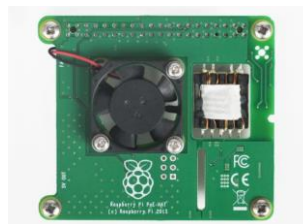
- **Raspberry Pi 4 Θήκη Ανεμιστήρα**, λειτουργεί και το Case Raspberry Pi 4. Σχεδιασμένο για overclocker και άλλους χρήστες ισχύος, διατηρεί το Raspberry Pi 4 σε μια άνετη θερμοκρασία λειτουργίας ακόμη και υπό υψηλό φορτίο.
- **Θήκες**
 - **Zero Θήκη**. Έχει σχεδιαστεί για να ταιριάζει τόσο στο Raspberry Pi Zero όσο και στο Raspberry Pi Zero W.
 - **A+ Θήκη**. Επίσημη θήκη για το Raspberry Pi 3 Model A + και το Raspberry Pi 1 Model A +.
 - **Pi 4 Θήκη**. Επίσημη θήκη για το Raspberry Pi 4
 - **Pi 3 Θήκη**. Επίσημη θήκη για το Raspberry Pi 3 Model B και B+.
- **USB και Καλώδια**
 - **USB Wi-Fi Dongle**. Αυτό το προϊόν ανακοινώθηκε ως End of Life τον Ιανουάριο του 2018. Το επίσημο καθολικό Dongle USB Wi-Fi για το Raspberry Pi.
 - **Καλώδιο Micro HDMI** έως Standard HDMI (A/M). Το επίσημο καλώδιο micro HDMI σε HDMI (A/M) Raspberry Pi που έχει σχεδιαστεί για τον υπολογιστή Raspberry Pi 4.
 - **Προσαρμογέας USB Micro-B σε USB-C**. Μετατρέπει το βύσμα εξόδου σε τροφοδοτικό micro USB τύπου B σε USB-C.
- **Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος**
 - **Raspberry Pi 1, 2 και 3 παροχή ηλ.ρεύματος**. Επίσημο τροφοδοτικό micro USB συνιστάται για Raspberry Pi 1, 2 και 3

- **Τροφοδοτικό Raspberry Pi 15.3W USB-C.** Το επίσημο και προτεινόμενο τροφοδοτικό USB-C για το Raspberry Pi 4.
- **Οθόνη αφής Raspberry Pi.** Οθόνη αφής 7 ιντσών.
- **Raspberry Pi ποντίκι**
- **Raspberry Pi πληκτρολόγιο**
- **Raspberry Pi TV HAT.** Επιτρέπει να λαμβάνει, ο χρήστης, ψηφιακές τηλεοπτικές ροές DVB-T2 στο Raspberry Pi για να τις προβάλει ή να τις μεταδίδει μέσω ροής, μέσω δικτύου σε άλλες συσκευές



Εικόνα 31 Raspberry Pi TV HAT.

- **Raspberry Pi PoE HAT.** Τροφοδοτεί το Raspberry Pi 4 Model B και Raspberry Pi 3 Model B + μέσω καλωδίου Ethernet. Βέβαια απαιτείται εξοπλισμός τροφοδοσίας στο δίκτυο Ethernet.



Εικόνα 32 Raspberry Pi PoE HAT.

- **Αισθητήρας HAT.** Είναι ένα πρόσθετο on-board για το Raspberry Pi, ειδικά κατασκευασμένο για την αποστολή Astro Pi.



Εικόνα 33 Sense HAT

- **Κάμερες**

- **Μονάδα κάμερας V2.** Τον Απρίλιο του 2016 Το Raspberry Pi Camera Module v2 αντικατέστησε το αρχικό Camera Module.



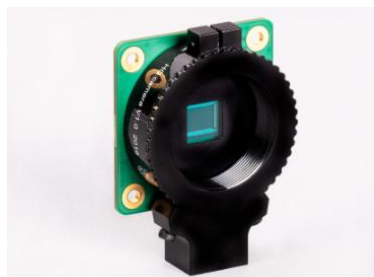
Εικόνα 34 Camera Module V2

- **Μονάδα υπέρυθρης κάμερας V2 Pi NoIR.** Τον Απρίλιο του 2016 αντικατέστησε την αρχική μονάδα κάμερας Pi NoIR.



Εικόνα 35 Pi NoIR Camera V2

- **Κάμερα Υψηλής ποιότητας Raspberry Pi.** Διαθέτει αισθητήρα Sony IMX477 12,3 megapixel, μέγεθος διαγώνιας εικόνας 7,9 mm και αρχιτεκτονική αισθητήρα οπίσθιου φωτισμού, με ρυθμιζόμενη εστίαση πίσω και υποστήριξη για φακούς C-/CS-mount.



Εικόνα 36 Pi High Quality Camera

- **Ο επίσημος οδηγός κάμερας Raspberry Pi.** Αφορά, το Raspberry Pi Camera Module και το Raspberry Pi High-Quality Camera, με οδηγούς βήμα προς βήμα για να σας βοηθήσει του χρήστες να ξεκινήσουν και να αξιοποιήσουν στο έπακρο την κάμερα.

3.2.6 SOFTWARE

3.2.6.1 Λειτουργικά Συστήματα

Τα λειτουργικά συστήματα που συστήνει το Ίδρυμα Raspberry Pi[13] είναι η χρήση του Raspberry Pi OS, πρώην Raspbian, ενός λειτουργικού συστήματος Linux που βασίζεται στο Debian. Άλλα λειτουργικά συστήματα άλλων εταιρειών που διατίθενται μέσω της επίσημης ιστοσελίδας περιλαμβάνουν Ubuntu MATE, Windows 10 IoT Core, RISC OS και εξειδικευμένες διανομές για το κέντρο πολυμέσων Kodi και τη διαχείριση της τάξης [58].

Κάποια λειτουργικά συστήματα, βασίζονται σε Linux, ενώ κάποια άλλα όχι, αυτά είναι:

- **RISC OS Pi**, το οποίο είναι μια ειδική έκδοση RISC OS Pico, για κάρτες 16 MB και μεγαλύτερες για όλα τα μοντέλα Pi 1 και 2, που είναι ήδη διαθέσιμα .
- **FreeBSD**, είναι ένα ελεύθερο και ανοιχτού κώδικα λειτουργικό σύστημα που μοιάζει με Unix που προέρχεται από το Research Unix μέσω της Διανομής Λογισμικού Berkeley (BSD).
- **NetBSD**, είναι ένα ελεύθερο και ανοιχτού κώδικα λειτουργικό σύστημα που μοιάζει εξίσου με Unix, το οποίο «κατεβαίνει» από το Berkeley Software Distribution (BSD), ένα παράγωγο Research Unix που αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας του Berkeley. Ήταν ο πρώτος απόγονος BSD ανοιχτού κώδικα που κυκλοφόρησε τυπικά μετά από το διχλωτό του 386BSD. Εξακολουθεί να αναπτύσσεται ενεργά και είναι διαθέσιμη σε πολλές πλατφόρμες, συμπεριλαμβανομένων συστημάτων μεγάλης κλίμακας διακομιστών, επιτραπέζιων συστημάτων και φορητών συσκευών και χρησιμοποιείται συχνά σε ενσωματωμένα συστήματα.
- **OpenBSD**, είναι ένα λειτουργικό σύστημα επικεντρωμένο στην ασφάλεια, δωρεάν και ανοιχτού κώδικα, που μοιάζει με Unix και βασίζεται στο Berkeley Software Distribution (BSD)
- **Windows 10 IoT Core**, μια χωρίς κόστος έκδοση των Windows 10 που προσφέρει η Microsoft που τρέχει εγγενώς στο Raspberry Pi 2. Θεωρείται από ορισμένους ότι είναι ο διάδοχος του Windows Embedded Compact, αν και διατηρεί πολύ μικρή συμβατότητα με αυτό. Βελτιστοποιημένη για μικρότερες και χαμηλότερου κόστους βιομηχανικές συσκευές.
- **Broadcom VCOS**. Ιδιόκτητο λειτουργικό σύστημα που περιλαμβάνει ένα επίπεδο αφαίρεσης σχεδιασμένο να ενσωματώνεται με υπάρχοντες πυρήνες, όπως το ThreadX (το οποίο χρησιμοποιείται στον επεξεργαστή VideoCore4), παρέχοντας προγράμματα οδήγησης και μεσαίο λογισμικό για ανάπτυξη εφαρμογών. Στην περίπτωση του

Raspberry Pi, αυτό περιλαμβάνει μια εφαρμογή για την εκκίνηση των επεξεργαστών ARM και την παροχή του δημόσια τεκμηριωμένου API μέσω μιας διεπαφής γραμματοκιβωτίου, που χρησιμεύει ως υλικολογισμικό. Μια ελλιπής πηγή μιας θύρας Linux του VCOS είναι διαθέσιμη ως μέρος του προγράμματος οδήγησης γραφικών αναφοράς που δημοσιεύθηκε από την Broadcom.

- **BMC64**, είναι ένα δωρεάν και ανοιχτού κώδικα. Είναι βελτιστοποιημένο για το Raspberry Pi με δυνατότητες όπως χαμηλός λανθάνων χρόνος βίντεο/ήχου, πραγματική ομαλή κύλιση 50hz/60hz, γρήγορος χρόνος εκκίνησης, χαμηλός λανθάνων χρόνος μεταξύ εισόδου και ήχου/βίντεο, σάρωση PCB και υποστήριξη για την καλωδίωση πραγματικών ηλεκτρολογίων και χειριστήρια μέσω GPIO καρφίτσες.
- **Batocera.linux**, είναι ένα λειτουργικό σύστημα ανοιχτού κώδικα που έχει ως επίκεντρο την επανεκκίνηση και ενώ μπορεί να τρέξει σε τυπικούς υπολογιστές, είναι ειδικά σχεδιασμένο για διαφορετικούς νανοϋπολογιστές όπως το Raspberry Pi. Μεταξύ των χαρακτηριστικών του είναι θέματα, επαναφορά, και υποστήριξη plug and play.
- **Android Things**, το οποίο είναι μια ενσωματωμένη έκδοση του λειτουργικού συστήματος Android που σχεδιάστηκε για την ανάπτυξη συσκευών IoT. Σκοπός της είναι να χρησιμοποιηθεί με συσκευές χαμηλής κατανάλωσης και περιορισμένης μνήμης (Internet of Things), οι οποίες συνήθως κατασκευάζονται από διαφορετικές πλατφόρμες MCU. Ως λειτουργικό σύστημα IoT, έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί τόσο χαμηλά όσο 32-64 MB μνήμης RAM. Είναι πλατφόρμα λειτουργικού συστήματος της Google.
- **Arch Linux ARM** είναι μια θύρα του Arch Linux για επεξεργαστές ARM. Η αρχιτεκτονική της φιλοσοφίας είναι «η απλότητα και ο πλήρης έλεγχος στον τελικό χρήστη» και όπως το γονικό του λειτουργικό σύστημα, το Arch Linux στοχεύει να είναι πολύ Unix-like. Αυτός ο στόχος του μινιμαλισμού και ο πλήρης έλεγχος του χρήστη, ωστόσο, μπορεί να κάνει το Arch Linux δύσκολο για τους αρχάριους χρήστες του Linux καθώς απαιτεί περισσότερη γνώση και ευθύνη για το λειτουργικό σύστημα.
- **OpenSUSE** είναι ένα έργο βασισμένο στο Linux που χρηματοδοτείται από την SUSE Linux GmbH και άλλες εταιρείες. Χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο. Το επίκεντρο της ανάπτυξής του είναι η δημιουργία χρήσιμων εργαλείων ανοικτού κώδικα για προγραμματιστές λογισμικού και διαχειριστές συστημάτων, παρέχοντας παράλληλα ένα φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον, πλούσιο σε χαρακτηριστικά, για διακομιστές.

- Ο διακομιστής **SUSE Linux Enterprise Server 12 SP2** είναι ένα βασισμένο στο Linux λειτουργικό σύστημα που αναπτύχθηκε από το SUSE. Είναι σχεδιασμένο για διακομιστές, κεντρικούς υπολογιστές και σταθμούς εργασίας, αλλά μπορεί να εγκατασταθεί και σε επιτραπέζιους υπολογιστές για δοκιμές. Σημαντικές εκδόσεις κυκλοφορούν σε διάστημα 3-4 ετών, ενώ μικρές εκδόσεις (αποκαλούμενες “Service Packs”) κυκλοφορούν κάθε 18 μήνες. Τα προϊόντα SUSE Linux Enterprise, συμπεριλαμβανομένου του SUSE Linux Enterprise Server, λαμβάνουν πιο έντονες δοκιμές σε σχέση με το κοινοτικό προϊόν openSUSE, με την πρόθεση μόνο ώριμες και σταθερές εκδόσεις των συμπεριλαμβανόμενων στοιχείων να μεταφερθούν στο απελευθερωμένο προϊόν της επιχείρησης. Αναπτύσσεται από μια κοινή βάση κώδικα με το SUSE Linux Enterprise Desktop και άλλα προϊόντα της SUSE Linux Enterprise.
- **Raspberry Pi Fedora Remix**, είναι μια διανομή Linux που αναπτύχθηκε από το Fedora Project που υποστηρίζεται από την κοινότητα και χρηματοδοτείται από την Red Hat. Το Fedora περιλαμβάνει λογισμικό που διανέμεται με διάφορες άδειες χρήσης δωρεάν και ανοιχτού κώδικα έχοντας στόχο να βρίσκεται στην αιχμηρή άκρη τέτοιων.
- **Domoticz**, είναι ένα σύστημα οικιακού αυτοματισμού δωρεάν και ανοιχτού κώδικα που έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει στους χρήστες να παρακολουθούν και να διαμορφώνουν διάφορες συσκευές, όπως διακόπτες, αισθητήρες και μετρητές, όπως θερμοκρασία, αέριο, νερό, υπεριώδες, άνεμο κ.λπ. και οι ειδοποιήσεις μπορούν να ρυθμιστούν σε οποιαδήποτε συσκευή.
- **Gentoo Linux** είναι μια διανομή Linux κατασκευασμένη χρησιμοποιώντας το σύστημα διαχείρισης πακέτων Portage. Σε αντίθεση με μια δυαδική κατανομή λογισμικού, ο πηγαίος κώδικας καταρτίζεται τοπικά σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη και συχνά βελτιστοποιείται για τον συγκεκριμένο τύπο υπολογιστή. Προκατασκευασμένα δυαδικά αρχεία είναι διαθέσιμα για μερικά μεγαλύτερα πακέτα ή για εκείνα που δεν διαθέτουν πηγαίο κώδικα.
- **CentOS** (Community Enterprise Operating System) για το Raspberry Pi 2 και αργότερα είναι μια Linux διανομή που παρέχει μια πλατφόρμα υπολογιστών που υποστηρίζεται από την κοινότητα και είναι λειτουργικά συμβατή με την προέλευσή της, το Red Hat Enterprise Linux (RHEL).
- **Linutop OS**, είναι ένα ασφαλές Web Kiosk βασισμένο σε Raspbian και ψηφιακή συσκευή αναπαραγωγής σήμανσης. Είναι αφιερωμένο σε επαγγελματίες με την ανάγκη ανάπτυξης δημόσιων πάγκων Διαδικτύου και λύσεων ψηφιακής σήμανσης

χρησιμοποιώντας Raspberry. Αυτό το λειτουργικό σύστημα είναι ιδανικό αν για χρήστες που διοικούν ξενοδοχεία, εστιατόρια, καταστήματα, αίθουσες πόλεων, γραφεία, μουσεία κ.λπ. και είναι συμβατό με Raspberry Pi B, B + και 2.

- **Ubuntu Core**, είναι η έκδοση του Ubuntu που έχει σχεδιαστεί για εφαρμογές Internet of Things. Το Ubuntu είναι το πιο δημοφιλές λειτουργικό σύστημα που βασίζεται σε Linux στον κόσμο με περισσότερα από 20+ παράγωγα και δεδομένου ότι διαθέτει ένα ενεργό και φιλόξενο φόρουμ, εύκολο ξεκίνημα με το Raspberry Pi.
- **RetroPie**, είναι μια βιβλιοθήκη λογισμικού ανοιχτού κώδικα Debian με την οποία μπορεί ο χρήστης να μιμηθεί ρετρό παιχνίδια στο Raspberry Pi, PC ή ODroid C1/C2. Αυτή τη στιγμή αποτελεί την πιο δημοφιλή επιλογή για αυτήν την εργασία. Το RetroPie χρησιμοποίησε το EmulationStation frontend και το SBC για να προσφέρει στους χρήστες μια ευχάριστη εμπειρία παιχνιδιού ρετρό, ώστε να μην γίνει κάποιο σφάλμα με αυτό.
- **Lakka**, είναι μια δωρεάν, ελαφριά και ανοιχτή διανομή με την οποία μπορεί ο χρήστης να μετατρέψει ακόμη και τον μικρότερο υπολογιστή σε μια πλήρη κονσόλα παιχνιδιών χωρίς την ανάγκη πληκτρολογίου ή ποντικιού. Διαθέτει ένα όμορφο περιβάλλον εργασίας χρήστη και τόσες πολλές επιλογές προσαρμογής.
- **OSMC (Open Source Media Center)** είναι ένα δωρεάν, απλό, ανοιχτού κώδικα και εύκολο στη χρήση αυτόνομο Kodi OS ικανό να αναπαράγει σχεδόν οποιαδήποτε μορφή μέσων. Διαθέτει ένα μοντέρνο όμορφο μινιμαλιστικό περιβάλλον εργασίας χρήστη και είναι πλήρως προσαρμόσιμο χάρη στις πολλές ενσωματωμένες εικόνες που συνοδεύει. Προτιμάτε για την εκτέλεση του Raspberry Pi για τη διαχείριση περιεχομένου πολυμέσων.
- **Devuan** είναι μια έκδοση του Debian με sysvinit αντί του systemd. Το sysvinit, είναι ένα βοηθητικό πρόγραμμα TUI που επιλέγει τα σενάρια init του στυλ SysV που θα εκτελεστούν σε κάθε επίπεδο εκτέλεσης. Σε σύγκριση με τους προκατόχους του, το UNIX System III της AT&T εισήγαγε ένα νέο στυλ διαμόρφωσης εκκίνησης του συστήματος, το οποίο επιβίωσε (με τροποποιήσεις) στο σύστημα UNIX V και επομένως ονομάζεται "SysV-style init".
- **Systemd**, είναι μια «σουίτα» λογισμικού που παρέχει θεμελιώδεις δομικές μονάδες για ένα λειτουργικό σύστημα Linux. Μεταξύ άλλων χαρακτηριστικών, περιλαμβάνει το σύστημα "System and Service Manager", ένα σύστημα init που χρησιμοποιείται για την εκκίνηση του χώρου χρήστη και για τη διαχείριση των διαδικασιών του συστήματος

μετά την εκκίνηση. Αποτελεί αντικαταστάτη των συστημάτων init των συστημάτων UNIX System V και Berkeley Software Distribution (BSD).

- **Red Sleeve** (μια θύρα RHEL) για Raspberry Pi 1, είναι μια δωρεάν διανομή λειτουργικού συστήματος που βασίζεται στον πυρήνα του Linux. Προέρχεται από την κατανομή της Red Hat Enterprise Linux (RHEL), που μεταφέρεται στην αρχιτεκτονική ARM. Το Red Sleeve υπάρχει για να παρέχει μια ελεύθερη πλατφόρμα υπολογιστικής κλάσης επιχείρησης και αποσκοπεί στη διατήρηση της συμβατότητας πηγής με την πηγή της Red Hat.
- **Slackware ARM**, από την έκδοση 13.37 και αργότερα εκτελείται στο Raspberry Pi χωρίς τροποποίηση. Η διαθέσιμη μνήμη 128-496 MB στο Raspberry Pi είναι τουλάχιστον διπλάσια από την ελάχιστη απαίτηση 64 MB που απαιτείται για να τρέξει το Slackware Linux σε ένα σύστημα ARM ή i386. Ενώ η πλειονότητα των συστημάτων Linux εκκινούν σε γραφική διεπαφή χρήστη, το προεπιλεγμένο περιβάλλον χρήστη του Slackware είναι η διεπαφή γραμμής εντολών/γραμμής εντολών. Ο διαχειριστής παραθύρων του Fluxbox που εκτελείται υπό το σύστημα X Window απαιτεί επιπλέον 48 MB RAM.
- **OpenWrt**, είναι ένα έργο ανοιχτού κώδικα για ένα ενσωματωμένο λειτουργικό σύστημα βασισμένο στο Linux, το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως σε ενσωματωμένες συσκευές για τη δρομολόγηση της κίνησης του δικτύου. Τα βασικά στοιχεία είναι το Linux, το util-Linux, το musl, το και το BusyBox. Όλα τα στοιχεία έχουν βελτιστοποιηθεί ώστε να είναι αρκετά μικρά και να ταιριάζουν στην περιορισμένη αποθήκευση και τη μνήμη που διατίθενται στους οικιακούς δρομολογητές.
- **Kali Linux**, είναι μια διανομή Linux που προέρχεται από το Debian που έχει σχεδιαστεί για ψηφιακή εγκληματολογία και δοκιμές διείσδυσης. Διατηρείται και χρηματοδοτείται από την Offensive Security Ltd.
- **Ark OS**, έχει σχεδιαστεί για να φιλοξενεί ιστοσελίδες και email.
- **Sailfish OS** με Raspberry Pi 2, λόγω χρήσης ARM Cortex-A7 CPU, ενώ το Raspberry Pi 1 χρησιμοποιεί διαφορετική αρχιτεκτονική ARMv6 και το Sailfish απαιτεί ARMv7. Είναι μια διανομή Linux γενικού σκοπού που χρησιμοποιείται συνήθως ως κινητό λειτουργικό σύστημα που συνδυάζει τον πυρήνα του Linux για μια συγκεκριμένη πλατφόρμα υλικού, τη στοίβα middleware ανοικτού κώδικα ατού, ένα ιδιόκτητο UI που συνεισφέρει ο Jolla ή ένα UI ανοιχτού κώδικα, με συμβαλλόμενα μέρη.

- **Tiny Core Linux** είναι ένα ελάχιστο λειτουργικό σύστημα Linux επικεντρωμένο στην παροχή ενός βασικού συστήματος χρησιμοποιώντας BusyBox και FLTK. Σχεδιασμένο για να λειτουργεί κυρίως σε RAM.
- **Alpine Linux**, είναι μια διανομή Linux με βάση το Musl και το BusyBox, σχεδιασμένο κυρίως για "χρήστες ενέργειας που εκτιμούν την ασφάλεια, την απλότητα και την αποτελεσματικότητα των πόρων".
- **Void Linux** είναι μια κυλιόμενη έκδοση Linux που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε από την αρχή, παρέχει εικόνες βασισμένες σε musl ή glibc.
- **Fedora 25**, υποστηρίζει το Pi 2 και αργότερα το Pi 1 υποστηρίζεται από κάποια ανεπίσημα παράγωγα. Επίσης, λειτουργικά συστήματα κέντρο πολυμέσων.
- **Manjaro ARM**, βασισμένο σε Manjaro Linux σε ARM. Υποστηρίζει το Raspberry Pi 4

3.2.6.2 Drivers APIs

Το Raspberry Pi μπορεί να χρησιμοποιήσει μια GPU VideoCore IV μέσω ενός δυαδικού μπλοκ, το οποίο φορτώνεται στη GPU κατά την εκκίνηση από την κάρτα SD και πρόσθετο λογισμικό, το οποίο αρχικά ήταν κλειστή πηγή. Αυτό το τμήμα του κώδικα οδήγησης, κυκλοφόρησε αργότερα [59] [60]. Ωστόσο, μεγάλο μέρος της πραγματικής εργασίας του οδηγού γίνεται χρησιμοποιώντας τον κωδικό GPU κλειστού κώδικα. Το λογισμικό εφαρμογών χρησιμοποιεί κλήσεις σε βιβλιοθήκες χρόνου εκτέλεσης κλειστού κώδικα (OpenMax, OpenGL ES ή OpenVG), το οποίο με τη σειρά του καλεί ένα πρόγραμμα οδήγησης ανοιχτού κώδικα μέσα στον πυρήνα του Linux, ο οποίος στη συνέχεια καλεί τον κωδικό προγράμματος οδήγησης GPU του κλειστού κώδικα VideoCore IV. Το API του προγράμματος οδήγησης του πυρήνα είναι ειδικό για αυτές τις κλειστές βιβλιοθήκες. Οι εφαρμογές βίντεο χρησιμοποιούν το OpenMAX, οι εφαρμογές 3D χρησιμοποιούν το OpenGL ES και οι εφαρμογές 2D χρησιμοποιούν OpenVG, οι οποίες με τη σειρά τους χρησιμοποιούν EGL. Τα OpenMAX και EGL χρησιμοποιούν με τη σειρά τους το πρόγραμμα οδήγησης πυρήνα ανοιχτού κώδικα.

Το Ίδρυμα Raspberry Pi ανακοίνωσε για πρώτη φορά ότι εργαζόταν σε ένα πρόγραμμα οδήγησης (drivers) Vulkan τον Φεβρουάριο του 2020. Ένας λειτουργικός οδηγός Vulkan που τρέχει το Quake 3 στα 100 καρέ ανά δευτερόλεπτο σε 3B + αποκαλύφθηκε από έναν μηχανικό γραφικών που είχε εργαστεί σε αυτό ως έργο χόμπι στις 20 Ιουνίου [61].

3.2.6.3 Υλικολογισμικό –Firmware

Το επίσημο υλικολογισμικό είναι ένα ελεύθερα αναδιανεμημένο δυαδικό μπλοκ, δηλαδή κλειστό. Το δωρεάν αναδιανεμητέο λογισμικό (FRS) είναι λογισμικό που ο καθένας είναι ελεύθερος να αναδιανείμει. Το FRS που μπορεί να τροποποιηθεί νόμιμα και να χρησιμοποιηθεί για οποιοδήποτε σκοπό είναι το ίδιο με το ελεύθερο λογισμικό. Μη νομοθετικά τροποποιήσιμο FRS είναι δωρεάν λογισμικό, κοινόχρηστο λογισμικό ή παρόμοιο. Το μη τροποποιημένο FRS γενικά έρχεται με τη μορφή εκτελέσιμων δυαδικών ψηφίων και συχνά χρησιμοποιείται από εταιρίες με αποκλειστικό λογισμικό και συγγραφείς για να επιδείξουν τη δουλειά τους ή για να ενθαρρύνουν τον χρήστη να αγοράσει πλήρη προϊόντα από αυτά. Διατίθεται επίσης ένα ελάχιστο υλικολογισμικό ανοιχτού κώδικα απόδειξης της έννοιας, που στοχεύει κυρίως στην εκκίνηση και εκκίνηση των πυρήνων ARM, καθώς και στην εκτέλεση ελάχιστης εκκίνησης που απαιτείται από την πλευρά του ARM. Είναι επίσης ικανό να εκκινήσει έναν πολύ ελάχιστο πυρήνα Linux, με επιδιορθώσεις για να αφαιρέσει την εξάρτηση από τη διεπαφή γραμματοκιβωτίου που αποκρίνεται. Είναι γνωστό ότι λειτουργεί σε Raspberry Pi 1, 2 και 3, καθώς και σε ορισμένες παραλλαγές του Raspberry Pi Zero.

3.2.6.4 Λογισμικό εφαρμογών τρίτου μέρους

Ο απλούστερος ορισμός μιας εφαρμογής τρίτου μέρους είναι μια εφαρμογή που δημιουργείται από έναν προμηθευτή (εταιρεία ή άτομο) και δεν υποστηρίζεται από τον κατασκευαστή της συσκευής ή/και το λειτουργικό της σύστημα. Οι εφαρμογές τρίτου μέρους αναφέρονται μερικές φορές ως εφαρμογές προγραμματιστών, επειδή πολλές από αυτές δημιουργούνται από ανεξάρτητους προγραμματιστές ή εταιρείες ανάπτυξης εφαρμογών. Στον προγραμματισμό υπολογιστών, ένα συστατικό λογισμικού τρίτου κατασκευαστή είναι ένα επαναχρησιμοποιούμενο συστατικό λογισμικού που έχει αναπτυχθεί είτε για να διανεμηθεί ελεύθερα είτε για να το πωλήσει από μια οντότητα διαφορετική από τον αρχικό προμηθευτή της πλατφόρμας ανάπτυξης. Η αγορά εξαρτημάτων λογισμικού τρίτων κατασκευαστών ευδοκιμεί, επειδή πολλοί προγραμματιστές πιστεύουν ότι η ανάπτυξη με βάση τα συστατικά στοιχεία βελτιώνει την αποδοτικότητα και την ποιότητα της ανάπτυξης προσαρμοσμένων εφαρμογών. Το κοινό λογισμικό τρίτων περιλαμβάνει μακρό-εντολές, ρομπότ και λογισμικό/σενάρια για εκτέλεση ως πρόσθετα για δημοφιλέστερα λογισμικά ανάπτυξης. Στην περίπτωση του Raspberry Pi έχουμε:

- **AstroPrint**, το λογισμικό ασύρματης εκτύπωσης 3D της AstroPrint που μπορεί να εκτελεστεί μόνο στο Pi 2.

- Την γλώσσα **C / C ++ διεμνηνάς Ch.** Κυκλοφορούν δωρεάν για μη εμπορική χρήση για το Raspberry Pi, το ChIDE προωθείται επίσης στους αρχαίους για να μάθουν C/C ++.
- **Mathematica & η γλώσσα Wolfram**, από τις 21 Νοεμβρίου 2013 το Raspbian περιλαμβάνει πλήρη εγκατάσταση αυτού του ιδιόκτητου λογισμικού δωρεάν. Από τις 24 Αυγούστου 2015, η έκδοση γίνεται Mathematica 10.2. Τα προγράμματα μπορούν να εκτελούνται είτε από μια διεπαφή γραμμής εντολών είτε από μια διασύνδεση Notebook. Υπάρχουν λειτουργίες γλώσσας Wolfram για την πρόσβαση σε συνδεδεμένες συσκευές. Υπάρχει επίσης ένα Kit ανάπτυξης λογισμικού Wolfram Language το οποίο επιτρέπει την ανάπτυξη του Raspberry Pi στο Mathematica από επιτραπέζιες μηχανές, συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών από τη φορτωμένη έκδοση Mathematica όπως η επεξεργασία εικόνας και η μηχανική μάθηση [62].
- **Minecraft**, είναι μια τροποποιημένη έκδοση που επιτρέπει στους παίκτες να αλλάξουν άμεσα τον κόσμο με τον κωδικό του υπολογιστή. Είναι ένα video game sandbox που δημιουργήθηκε και σχεδιάστηκε από το σουηδικό σχεδιαστή παιχνιδιών Markus "Notch" Persson και αργότερα αναπτύχθηκε πλήρως και δημοσιεύθηκε από τον Mojang. Οι δημιουργικές και οικοδομικές πτυχές του Minecraft επιτρέπουν στους παίκτες να χτίσουν με μια ποικιλία διαφορετικών κύβων σε ένα 3D κόσμο που παράγεται από τη διαδικασία. Άλλες δραστηριότητες στο παιχνίδι περιλαμβάνουν εξερεύνηση, συλλογή πόρων, χειροτεχνία και μάχες [63] [64].
- **RealVNC**, είναι μια εταιρεία που παρέχει λογισμικό απομακρυσμένης πρόσβασης. Το λογισμικό αποτελείται από μια εφαρμογή διακομιστή και πελάτη για το πρωτόκολλο Virtual Network Computing (VNC) για να ελέγχει από απόσταση την οθόνη ενός άλλου υπολογιστή. Το Raspbian περιλαμβάνει το διακομιστή απομακρυσμένης πρόσβασης του RealVNC και το λογισμικό θεατή. Αυτό αποτελεί μια νέα τεχνολογία σύλληψης, η οποία επιτρέπει την απευθείας προβολή και τον έλεγχο απομακρυσμένων περιεχομένων [65] v [66]
- **UserGate Web Filter** εκτελεί φιλτράρισμα στο Διαδίκτυο για μεγάλες και μεσαίες επιχειρήσεις, εκπαιδευτικά ιδρύματα, παροχές Διαδικτύου και δημόσια σημεία πρόσβασης Wi-Fi. Η λύση λειτουργεί ως λογισμικό ελέγχου περιεχομένου και συνδυάζει διάφορες μεθόδους φιλτραρίσματος που παρέχουν συμμόρφωση με κυβερνητικούς κανονισμούς, όπως ο νόμος για την προστασία του παιδιού στο Internet (CIPA). Το UserGate Web Filter λειτουργεί ως διακομιστής ICAP που λαμβάνει

αιτήματα φιλτραρίσματος από οποιονδήποτε διακομιστή μεσολάβησης ή πύλη δικτύου. Το προϊόν παρέχει φιλτράρισμα DNS και φιλτράρισμα περιεχομένου με βάση την προσέγγιση επιθεώρησης βάθους περιεχομένου. Το UserGate Web Filter χρησιμοποιεί τον πυρήνα SAVAPI που αναπτύχθηκε από το Avira για να ανιχνεύσει ιούς τόσο σε ιστοσελίδες που έχουν φορτωθεί από το Internet όσο και σε αρχεία που έχουν ληφθεί [67].

- Steam Link. Στις 13 Δεκεμβρίου 2018, η Valve κυκλοφόρησε τον επίσημο πελάτη ροής παιχνιδιών Steam Link για τα Raspberry Pi 3 και 3 B + [68].

3.2.6.5 Εργαλεία ανάπτυξης λογισμικού

Ένα εργαλείο προγραμματισμού ή ανάπτυξης λογισμικού είναι ένα πρόγραμμα ηλεκτρονικών υπολογιστών που χρησιμοποιούν οι προγραμματιστές λογισμικού για τη δημιουργία, την αποσφαλμάτωση, τη συντήρηση ή άλλως την υποστήριξη άλλων προγραμμάτων και εφαρμογών. Ο όρος συνήθως αναφέρεται σε σχετικά απλά προγράμματα, τα οποία μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους για να ολοκληρώσουν μια εργασία, κάποιος μπορεί να χρησιμοποιήσει πολλά εργαλεία χειρός για να καθορίσει ένα φυσικό αντικείμενο. Τα πιο βασικά εργαλεία είναι ένας επεξεργαστής πηγαίου κώδικα και ένας μεταγλωττιστής ή διερμηνέας, που χρησιμοποιούνται πάντα και συνεχώς. Άλλα εργαλεία χρησιμοποιούνται περισσότερο ή λιγότερο ανάλογα με τη γλώσσα, τη μεθοδολογία ανάπτυξης και τον μεμονωμένο μηχανικό και συχνά για μια ξεχωριστή εργασία, όπως ένα πρόγραμμα εντοπισμού σφαλμάτων ή ένα profiler. Τα εργαλεία μπορεί να είναι ξεχωριστά προγράμματα, που εκτελούνται ανεξάρτητα, συχνά από τη γραμμή εντολών, ή ίσως μέρη ενός μεγάλου προγράμματος που ονομάζεται ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE).

Σε πολλές περιπτώσεις, ειδικά για απλούστερη χρήση, χρησιμοποιούνται απλές τεχνικές ad hoc αντί για εργαλείο, όπως η εκτύπωση εντοπισμού σφαλμάτων αντί για τη χρήση ενός εργαλείου εντοπισμού σφαλμάτων, ο χειροκίνητος συγχρονισμός (του συνολικού προγράμματος ή του τμήματος του κώδικα) αντί για ένα profiler ή η παρακολούθηση σφαλμάτων σε ένα αρχείο κειμένου ή ένα υπολογιστικό φύλλο αντί για ένα σύστημα εντοπισμού σφαλμάτων. Η διάκριση μεταξύ εργαλείων και εφαρμογών είναι σκοτεινή. Για παράδειγμα, οι προγραμματιστές χρησιμοποιούν συνεχώς απλές βάσεις δεδομένων (όπως ένα αρχείο που περιέχει μια λίστα με σημαντικές τιμές) ως εργαλείο. Ωστόσο, μια βάση δεδομένων με πλήρη εμφάνιση συνήθως θεωρείται ως εφαρμογή ή λογισμικό από μόνη της. Για πολλά χρόνια αναζητήθηκαν εργαλεία μηχανικής με τη βοήθεια υπολογιστή (CASE). Τα επιτυχημένα

εργαλεία έχουν αποδειχθεί αδιευκρίνιστα. Με μία έννοια, τα εργαλεία CASE τόνισαν την υποστήριξη σχεδιασμού και αρχιτεκτονικής, όπως για την UML. Αλλά το πιο επιτυχημένο από αυτά τα εργαλεία είναι οι IDE. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια:

- **Arduino IDE** είναι για τον προγραμματισμό ενός Arduino (2.2.6 παραπάνω).
- **Algoit** είναι για εκμάθηση προγραμματισμού για παιδιά και αρχάριους.
- **BlueJ** είναι για τη διδασκαλία της Java σε αρχάριους.
- **Greenfoot**, διδάσκει τον προσανατολισμό του αντικειμένου με την Java. Δημιουργεί «παράγοντες» που ζουν σε «κόσμους» για να δημιουργούμε παιχνίδια, προσομοιώσεις και άλλα γραφικά προγράμματα.
- **Julia** είναι μια γλώσσα/περιβάλλον προγραμματισμού δια-δραστικής και πολλαπλής πλατφόρμας που λειτουργεί στην Pi 1 και αργότερα. Οι IDE για τη Julia, όπως ο Juno, είναι διαθέσιμοι.
- **Lazarus**, ένα Free Pascal RAD IDE που μοιάζει με τους Delphi. Το **Delphi** είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) για την ταχεία ανάπτυξη εφαρμογών του λογισμικού για επιτραπέζιους υπολογιστές, κινητά, ιστούς και κονσόλες, όπου ανέπτυξε την Embarcadero Technologies. Είναι επίσης μια γλώσσα που βασίζεται στην εκδήλωση. Οι μεταγλωττιστές του Delphi χρησιμοποιούν τη δική τους διάλεκτο Object Pascal του Pascal και παράγουν εγγενή κώδικα για τα Microsoft Windows, MacOS (IA-32 μόνο), iOS, Android και Linux (μόνο για το x64). Από το 2016, έχουν κυκλοφορήσει νέες εκδόσεις Delphi, με νέες ανανεώσεις κάθε έξι μήνες, ενώ νέες πλατφόρμες προστίθενται περίπου κάθε δεύτερη έκδοση.
- **LiveCode** είναι ένα εκπαιδευτικό RAD IDE, δημιουργήθηκε από το HyperCard χρησιμοποιώντας αγγλική γλώσσα, γράφοντας event-handles, όπου είναι μια ρουτίνα επανάκλησης που λειτουργεί ασύγχρονα και χειρίζεται τις εισερχόμενες εισόδους σε ένα πρόγραμμα, για widgets WYSIWYG που τρέχουν σε πλατφόρμες desktop, mobile και Raspberry Pi.
- **Ninja-IDE** είναι ένα ενσωματωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) για την Python.
- **Object Pascal**, μια αντικειμενοστραφής παραλλαγή της αρχικής γλώσσας Pascal του Niklaus Wirth. Το Free Pascal είναι ο μεταγλωττιστής στον Lazarus.
- Η **Επεξεργασία-Processing** είναι ένα IDE που έχει σχεδιαστεί για τις ηλεκτρονικές τέχνες, την τέχνη των νέων μέσων και τις κοινότητες οπτικής σχεδίασης με σκοπό τη διδασκαλία των θεμελιωδών στοιχείων του προγραμματισμού των υπολογιστών σε ένα οπτικό πλαίσιο.

- **Scratch** είναι ένα IDE διδασκαλίας μεταξύ πλατφόρμων που χρησιμοποιεί οπτικά μπλοκ που στοιβάζονται όπως το Lego, το οποίο αναπτύχθηκε αρχικά από την ομάδα Life Long Kindergarten του MIT. Η έκδοση Pi είναι πολύ βελτιστοποιημένη για τους περιορισμένους διαθέσιμους υπολογιστικούς πόρους και υλοποιείται στο σύστημα Squeak Smalltalk [24].
- **Squeak Smalltalk** είναι ένα ανοιχτό Smalltalk πλήρους κλίμακας. Είναι αντικειμενοστραφής, βασισμένη στην τάξη. Προέρχεται απευθείας από το Smalltalk-80 από μια ομάδα στην Apple Computer που περιλάμβανε μερικούς από τους αρχικούς προγραμματιστές Smalltalk-80. Η ανάπτυξή του συνεχίστηκε από την ίδια ομάδα στο Walt Disney Imagineering, όπου προοριζόταν για χρήση σε εσωτερικά έργα της Disney. Αργότερα, η ομάδα μεταφέρθηκε για να υποστηριχθεί από εργαστήρια της HP, SAP Labs και, πιο πρόσφατα, Y Combinator.
- Μηχανή παιχνιδιών **V-Play** είναι μια πλατφόρμα εξέλιξης που υποστηρίζει κινητά παιχνίδια και εφαρμογές με το V-Play Game Engine, τις εφαρμογές V-Play και τα plugin V-Play.
- Το **Xojo** είναι ένα εργαλείο RAD σε πολλαπλές πλατφόρμες που μπορεί να δημιουργήσει εφαρμογές για επιτραπέζιους, διαδικτυακούς και κονσόλα για Pi 2 και Pi 3.
- **C-STEM Studio**, μια πλατφόρμα για την ολοκληρωμένη μάθηση της πληροφορικής, της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών (C-STEM) με τη ρομποτική.

3.3 Χρήσεις και Εφαρμογές του Raspberry Pi

3.3.1 Αναφορές για το Raspberry Pi

Το Raspberry Pi έγινε αμέσως αποδεκτό από τους χρήστες του και κυρίως από τα παιδιά. Πολλοί συγγραφείς τεχνολογίας αναφέρουν ότι ο υπολογιστής, Raspberry Pi, θα απασχολήσει πολύ τα παιδιά με τον ενθουσιασμό του προγραμματισμού. Έτσι πρότειναν να ενσωματώσουν και κάποιες άλλες γλώσσες όπως είναι η Kids Rudy, το Scratch και το BASIC ως μια «καλή αρχή», ώστε να εμπλουτίσει τα παιδιά με νέες δεξιότητες που θα τους χρειαστούν στο μέλλον.

Το Κέντρο Υπολογιστικής Ιστορίας υποστηρίζει έντονα το σχέδιο Raspberry Pi, αισθάνεται ότι θα μπορούσε να "ξεκινήσει μια νέα εποχή". Πριν από την απελευθέρωση, στο

διοικητικό συμβούλιο παρουσιάστηκε από τον CEO της ARM Warren East σε μια εκδήλωση στο Cambridge που περιγράφει τις ιδέες της Google για τη βελτίωση της επιστήμης και της τεχνολογικής εκπαίδευσης στο Ηνωμένο Βασίλειο. Ωστόσο, μερικοί υποδεικνύουν ότι πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στη βελτίωση του εκπαιδευτικού λογισμικού που είναι διαθέσιμο σε υπάρχον υλικό, χρησιμοποιώντας εργαλεία όπως το Google App Inventor για να επιστρέψει ο προγραμματισμός στα σχολεία, αντί να προσθέσει νέες επιλογές υλικού. Άλλοι ήταν της γνώμης ότι οι έφηβοι θα έχουν «καλύτερα πράγματα να κάνουν».

Γενικά, όπως είναι λογικό υπήρξαν κάποια προβλήματα στην πλακέτα και συγκεκριμένα στην έκδοση Pi 2 Model B, ήταν ευάλωτο στις λάμπες φωτός, ιδιαίτερα το φως από την κάμερα χεον αναβόσβηνε και πράσινο και κόκκινο δείκτη λείζερ. Το θέμα αυτό δεν είχε παρουσιαστεί πριν από την απελευθέρωση του Raspberry Pi 2 επειδή, ενώ οι εμπορικές ηλεκτρονικές συσκευές υποβάλλονται σε δοκιμές ευαισθησίας στις ραδιοηλεκτρικές παρεμβολές, δεν είναι συνήθως πρακτική η δοκιμή της ευαισθησίας τους σε οπτικές παρεμβολές.

3.3.2 Χρήση του Raspberry Pi

Η πλακέτα Raspberry Pi έχει χρησιμοποιηθεί και αυτή σε αρκετές εφαρμογές, είτε αυτές αφορούν την εκπαίδευση είτε το έξυπνο σπίτι. Μίας και είναι κάτι αρκετά καινούργιο σε σχέση με το Arduino το έχουμε δει σε project και θα συνεχίσουμε να το βλέπουμε.

Χρήση στην εκπαίδευση

Τον Ιανουάριο του 2012, έρευνες σχετικά με το διοικητικό συμβούλιο στο Ηνωμένο Βασίλειο έχουν ληφθεί από σχολεία τόσο στον δημόσιο όσο και στον ιδιωτικό τομέα, με περίπου 5 φορές μεγαλύτερο ενδιαφέρον από αυτά. Θέλανε να ελπίζουν ότι οι επιχειρήσεις θα χρηματοδοτήσουν αγορές για λιγότερα ευνοημένα σχολεία. Δύο χρόνια μετά το Ίδρυμα Raspberry Pi προσέλαβε διάφορα μέλη της κοινότητας, συμπεριλαμβανομένων των πρώην εκπαιδευτικών και προγραμματιστών λογισμικού, για να ξεκινήσει μια σειρά δωρεάν πόρων μάθησης για την ιστοσελίδα του. Το Ίδρυμα ξεκίνησε επίσης ένα μάθημα κατάρτισης εκπαιδευτικών που ονομάζεται Picademy με σκοπό να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να προετοιμαστούν για τη διδασκαλία του νέου προγράμματος σπουδών υπολογιστών χρησιμοποιώντας το Raspberry Pi στην τάξη.

Το 2018, η NASA ξεκίνησε το JPL Open Source Rover Project, το οποίο είναι μια αναβαθμισμένη έκδοση του Curiosity rover και χρησιμοποιεί ένα Raspberry Pi ως μονάδα ελέγχου, για να ενθαρρύνει τους μαθητές και τους χομπίστες να ασχοληθούν με τη μηχανική, το λογισμικό, την ηλεκτρονική και τη ρομποτική μηχανική [69]

Χρήση στον αυτοματισμό σπιτιού

Υπάρχουν αρκετές εφαρμογές που αξιοποιούν το Raspberry Pi για οικιακό αυτοματισμό. Πολλοί προγραμματιστές καταβάλλουν προσπάθεια να τροποποιήσουν το Raspberry Pi σε μια οικονομικά προσιτή λύση στην παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας και γενικά τη λειτουργία του σπιτιού. Λόγω του σχετικά χαμηλού κόστους του Raspberry Pi, αυτό έχει γίνει μια δημοφιλής και οικονομική λύση για τις ακριβότερες εμπορικές εναλλακτικές λύσεις [70].

Χρήση σε εμπορικά προϊόντα.

Η ΟΤΤΟ είναι μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή που δημιουργήθηκε από την Next Thing Co [71]. Περιλαμβάνει μια ηλεκτρονική μονάδα μέτρησης του Raspberry Pi. Χρηματοδοτήθηκε επιτυχώς από το πλήθος σε εκστρατεία Kickstarter τον Μάιο του 2014. Είναι μια πραγματική κάμερα που κάνει όλα τα πράγματα όπως και η κάμερα του τηλεφώνου. Η ΟΤΤΟ επιτρέπει στον χρήστη να αποφασίσει πώς να παίρνει φωτογραφίες. Εκτός από τη μοναδική κάμερα που παράγει κινούμενα GIF, η ΟΤΤΟ μπορεί να μετατραπεί σε εκατοντάδες διαφορετικές κάμερες με γρήγορη ροή. Η ΟΤΤΟ επιτρέπει στον χρήστη να τραβάει φωτογραφίες και παράλληλα να τις μοιράζεται με του δικούς του ανθρώπους. Οι φωτογραφίες που λαμβάνονται με ΟΤΤΟ εμφανίζονται και μοιράζονται στο smartphone.



Εικόνα 39 Κάμερα ΟΤΤΟ

Το Slice είναι ένα ψηφιακό πρόγραμμα αναπαραγωγής πολυμέσων το οποίο χρησιμοποιεί την καρτέλα Compute Module [72]. Χρηματοδοτήθηκε από πολλούς σε μια εκστρατεία Kickstarter τον Αύγουστο του 2014. Το λογισμικό που τρέχει στο Slice βασίζεται στο Kodi. Συνδέεται στην τηλεόρασή μέσω HDMI, αποθηκεύει και αναπαράγει όλα τα βίντεο, τη μουσική και τις φωτογραφίες σε πλήρη ανάλυση HD. Έχει μια προσεκτικά σχεδιασμένη διεπαφή χρήστη και προσαρμοσμένο τηλεχειριστήριο που το καθιστά αβίαστο και διασκεδαστικό στη χρήση. Διαθέτει αναδυόμενη θήκη από συμπαγές αλουμίνιο. Διαθέτει ένα μοναδικό, προσαρμόσιμο ελαφρύ δαχτυλίδι LED για οπτική ανατροφοδότηση και παράγοντα. Διαθέτει ενσωματωμένο αποθηκευτικό χώρο, απλά ο χρήστης μεταφέρει και τοποθετεί τα μέσα στον σκληρό δίσκο του Slice χρησιμοποιώντας μια ενιαία σύνδεση USB από οποιοδήποτε

υπολογιστή Mac ή Windows. Μικρά και φορητά. Μπορεί να έχει πρόσβαση σε μέσα μέσω δικτύου και διαθέτει 2 θύρες USB για τη σύνδεση επιπλέον συσκευών, όπως εξωτερικούς σκληρούς δίσκους. Χτισμένο σε ανοιχτές τεχνολογίες και μπορεί να επαναπρογραμματιστεί για την εκτέλεση του εναλλακτικού λογισμικού ανοικτής πηγής.



Εικόνα 40 Slide

Το Organelle είναι ένας φορητό συνθεσάιζερ, ένας δειγματολήπτης, ένας sequencer και ένας επεξεργαστής εφέ σχεδιασμένος και συναρμολογημένος από την Critter & Guitari. Ενσωματώνει μια μονάδα υπολογιστή Raspberry Pi με Linux [73].



Εικόνα 41 Organelle

Χρήση στον βιομηχανικό αυτοματισμό

Η TECHBASE, ένας κατασκευαστής βιομηχανικών αυτοματισμών της Πολωνίας, δημιούργησε τον πρώτο βιομηχανικό υπολογιστή παγκοσμίως με βάση το Module Raspberry Pi Compute, που ονομάζεται ModBerry. Η συσκευή διαθέτει πολλές διασυνδέσεις, κυρίως σειριακές θύρες RS-485/232, ψηφιακές και αναλογικές εισόδους / εξόδους, CAN και 1-Wire, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία αυτοματισμού. Ο σχεδιασμός επιτρέπει τη χρήση της Υπολογιστικής Μονάδας σε σκληρά βιομηχανικά περιβάλλοντα, οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι το Raspberry Pi δεν περιορίζεται πλέον σε έργα οικίας και επιστήμης αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως ως λύση Βιομηχανικής Διασύνδεσης και να επιτύχει τους στόχους της Βιομηχανίας 4.0 [74].



Εικόνα 42 ModBerry

Τον Μάρτιο του 2018, η SUSE ανακοίνωσε την εμπορική υποστήριξη για το SUSE Linux Enterprise στο Raspberry Pi 3 Model B για να υποστηρίξει έναν αριθμό μη γνωστών πελατών που εφαρμόζουν βιομηχανική παρακολούθηση με το Raspberry Pi [75].

3.3.3 Εφαρμογές του Raspberry Pi

Το Raspberry όπως προαναφέραμε είναι ένας υπολογιστής πάνω σε μία πλακέτα. Το Raspberry έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλά και διαφορετικά project σαν παιχνιδομηχανή και όχι μόνο. Παρακάτω θα δούμε κάποιες εφαρμογές που έχει χρησιμοποιηθεί το Raspberry [76].

Ένα περίπτερο φωτογραφιών

Είναι μια εφαρμογή όπου βγάζει φωτογραφίες και μπορεί ο χρήστης να τις μοιραστεί με τους φίλους του. Είτε πατώντας ένα κουμπί είτε θέτοντας κάποιο χρόνο. Είναι φτηνοί υπολογιστές που διευκολύνουν φτιάχνοντας ένα αυτόνομο φωτογραφικό περίπτερο που μπορεί να συνδεθεί στο διαδίκτυο χωρίς την βοήθεια του υπολογιστή. Βασίζεται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή Raspberry Pi mini και στο Pi Camera Module. Είναι οθόνη αφής που ελέγχεται από partygoers, και αποστέλλει αυτόματα μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου τις φωτογραφίες και τις μεταφορτώνει στο Google Photos, όπου οποιοσδήποτε με κωδικό πρόσβασης μπορεί να δει και να μοιραστεί. Όλο το λογισμικό είναι ανοικτού κώδικα.

Φορητή ψηφιακή βιβλιοθήκη eBook

Η εφαρμογή αυτή αφορά κυρίως του λάτρεις βιβλίων αλλά και αυτούς που απλά θέλουν να κουβαλάνε μαζί τους κάποια από βιβλία τους. Είναι μια κινητή ψηφιακή βιβλιοθήκη είναι ιδανική για να κρατάει, να μοιράζεται και να διαπραγματεύεται βιβλία ο χρήστης με φίλους. Τροφοδοτείται από ένα Raspberry Pi. Είναι φορητό και μετατρέπει το Pi σε ένα hotspot Wi-Fi που μπορεί να συνδεθεί με άλλους, να βρουν κάτι για να το διαβάσουν και να το πάρουν μαζί τους.

Σύστημα οικιακής επιτήρησης

Το σύστημα του Scavix χρησιμοποιεί μια Raspberry Pi, τη φωτογραφική μηχανή Raspberry Pi, κάποιες θήκες για αυτήν την κάμερα και μερικά άλλα μικρότερα κομμάτια. Μετά από κάποια ρύθμιση, το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα σύστημα οικιακής ασφάλειας που μπορεί να ανιχνεύσει κίνηση, να μεταδώσει μια ζωντανή ροή και πολλά άλλα. Μπορεί να ελέγχεται από απόσταση εάν το επιθυμεί ο χρήστης. Παρόμοια χρήση μπορεί και το Arduino.

DIY Arcade Stick

Είναι ένα από τα καλύτερα project με το Raspberry Pi. Είναι εύκολο στην μετακίνησης, είναι μικρό και επίσης μπορεί να συνδεθεί σε οποιοδήποτε τηλεόραση. Με λίγα λόγια είναι ένα joystick για παιχνίδια που συνδέεται σε αυτήν εύκολα.



Εικόνα 43 DIY Arcade Stick

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Σύγκριση Arduino - Raspberry Pi

4.1.1 Γενικά

Όπως είδαμε και στα προηγούμενα κεφάλαια το Raspberry Pi είναι ένας πλήρως λειτουργικός υπολογιστής και το Arduino είναι ένας μικροελεγκτής [77] [78] [79]. Και οι δύο είναι σημαντικοί και χρήσιμοι. Είναι οι πιο δημοφιλείς πλακέτες μεταξύ μαθητών, ερασιτεχνών και επαγγελματιών. Οι έμπειροι και οι επαγγελματίες γνωρίζουν την χρησιμότητα και τις διαφορές αυτών. Όμως οι νέοι χρήστες μπερδεύονται. Το βασικό που πρέπει να ξέρει ένας χρήστης είναι το project που θέλει να φτιάξει, πως το θέλει και τι χρειάζεται. Από εκεί και πέρα η επιλογή τις κάθε πλακέτας που θα επιλέξει είναι εύκολη. Και τα δύο είναι τόσο διαφορετικά αλλά έχουν κάποιες ομοιότητες. Και τα δύο είναι Ευρωπαϊκά. Το Raspberry Pi κατασκευάστηκε στην Αγγλία και παρουσιάστηκε το 2012, και το Arduino στην Ιταλία και παρουσιάστηκε το 2005. Το Raspberry είναι το πιο καινούργιο από τα δύο.

Το Raspberry Pi είναι ένας πλήρως λειτουργικός υπολογιστής, η οποία τρέχει σε ένα λειτουργικό σύστημα Linux ειδικά σχεδιασμένο για αυτό, το Raspberry Pi OS. Είναι το επίσημο λειτουργικό σύστημα, στο οποίο μπορούν να εγκατασταθούν άλλα λειτουργικά συστήματα άλλων κατασκευαστών όπως το Android, το RISC OS, το Ubuntu Mate κ.λπ. (όπως αναφέρθηκε και παραπάνω). Όπως ένας υπολογιστής, έχει μνήμη, επεξεργαστή, θύρες USB, έξοδο ήχου, οδηγό γραφικών για έξοδο HDMI και καθώς τρέχει σε Linux, οι περισσότερες εφαρμογές λογισμικού Linux μπορούν να εγκατασταθούν σε αυτό. Διαθέτει διάφορα μοντέλα όπως το Raspberry Pi, το Raspberry Pi 2, το Raspberry Pi Model B+, αλλά πολλά με νεότερο το Raspberry Pi 4.

Από την άλλη, το Arduino είναι ένας μικροελεγκτής, ο οποίος δεν είναι τόσο ισχυρός όσο ο Raspberry Pi και μπορεί να θεωρηθεί ως ένα εξάρτημα του ηλεκτρονικού συστήματος. Αλλά είναι ένα εξαιρετικό υλικό για τα ηλεκτρονικά έργα. Δεν χρειάζεται να εκτελούνται λειτουργίες OS και λογισμικού, απλά πρέπει να γραφτούν μερικές γραμμές κώδικα για να χρησιμοποιηθεί. Υπάρχουν πολλοί πίνακες Arduino όπως το Arduino UNO, το Arduino PRO, το Arduino MEGA κ.λπ.

4.1.2 Arduino VS Raspberry

Το Arduino είναι πιο φθηνό από το Raspberry Pi. Μπορεί να το βρεθεί στην αγορά από 9 ευρώ έως και 20 ευρώ σε αντίθεση με το Raspberry, όπου η τιμή του είναι μεταξύ 30 με 80 ευρώ.

Όσον αφορά την απλότητα του Arduino, είναι αρκετά εύκολα να συνδεθεί με καλώδια, αισθητήρια και ηλεκτρονικά εξαρτήματα όσο εύκολα είναι και να προγραμματιστεί και λίγες ή όχι (ανάλογα το project) γραμμές κώδικα. Σε αντίθεση με το Raspberry που πρέπει να εγκατασταθούν βιβλιοθήκες και λογισμικό για την αναγνώριση των εξαρτημάτων που θα χρησιμοποιηθούν. Η κωδικοποίηση στον Arduino είναι απλούστερη σε σχέση με το Raspberry, διότι ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει Linux καθώς και τις εντολές για αυτό.

Όσον αφορά την ισχύ το Arduino είναι μια συσκευή plug and play που μπορεί να ενεργοποιηθεί και να σβήσει σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, χωρίς κανένα πρόβλημα χωρίς καμία βλάβη. Εκτελείται ξανά ο κώδικας εφόσον είναι στην τροφοδοσία. Σε αντίθεση, το Raspberry τρέχει σε ένα λειτουργικό σύστημα όποτε πριν την απενεργοποίηση της τροφοδοσίας πρέπει να κλείσει σωστά, διότι μπορεί το λειτουργικό σύστημα και οι εφαρμογές να έχουν κάποια βλάβη ως και καταστροφή αυτών αλλά και του Raspberry.

4.1.3 Raspberry Pi VS Arduino

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του Raspberry Pi είναι οι δυνατότητες του, είναι ικανό να κάνει πολλαπλές εργασίες ανά πάσα στιγμή, σαν έναν υπολογιστή. Το Pi μπορεί να μετατραπεί σε διακομιστή ιστού, διακομιστή VPN, διακομιστή εκτύπωσης, διακομιστή βάσης δεδομένων και άλλα πολλά. Ανάλογα το κάθε έργο είτε μεγάλο είτε μικρό. Σαν ένα ρομπότ που πρέπει να ελέγχει αρκετά γρήγορα, το Pi είναι μια καλή επιλογή. Σε αντίθεση με το Arduino, που είναι εύχρηστο στο να αναβοσβήνει μια λυχνία. Στην περίπτωση των πολλών LED καλή επιλογή θα ήταν το Pi. Το συγκεκριμένο είναι 40 φορές πιο γρήγορο από το Arduino. Με το Raspberry μπορούν να σταλούν ηλεκτρονικά μηνύματα, να ακούει ο χρήστης μουσική, να παρακολουθεί βίντεο, να λειτουργήσει σε διαδίκτυο κλπ. Έχει πολλές περισσότερες δυνατότητες, διαθέτει μνήμη, επεξεργαστή, θύρες USB, δεν απαιτεί εξωτερικό υλικό για περισσότερες λειτουργίες. Μπορεί και έχει πρόσβαση μέσω SSH και το αρχείο μπορεί να μεταφερθεί μέσω FTP.

4.1.4 Networking - Δικτύωση.

Το Raspberry Pi 3 διαθέτει ενσωματωμένη θύρα Ethernet και συνδεσιμότητα Wireless N, όπου δίνει την δυνατότητα να συνδεθεί στα δίκτυα πολύ εύκολα. Το διαδίκτυο μπορεί να τρέξει εύκολα χρησιμοποιώντας απλά κάποια USB Wi-Fi dongles. Μετά την σύνδεση μπορεί

ο χρήστης να χρησιμοποιήσει το λειτουργικό σύστημα για να συνδεθεί με διακομιστές ιστού, να επεξεργαστεί HTML.

Το Arduino, από την άλλη, είναι δύσκολο να συνδεθεί στο δίκτυο. Πρέπει να τοποθετηθεί και συνδεθεί εξωτερικό υλικό και να χρησιμοποιηθεί σωστά στον κώδικα. Τα Shields πρέπει να συνδεθούν κατάλληλα ώστε το να γίνει αντίστοιχο του Pi, με την σωστή κωδικοποίηση φυσικά.

4.1.5 Power

Και οι δύο συσκευές είναι διαφορετικές όσον αφορά την τροφοδοσία και την εκκίνηση αυτών. Πιο συγκεκριμένα το Pi 3 Model B χρησιμοποιεί 1,5Watts σε αδράνεια και 6,7Watts όταν συνδέεται μια οθόνη, πληκτρολόγιο και το ποντίκι. Το μοντέλο Zero W καταναλώνει 0,5Watts σε αδράνεια και 1,75Watts όταν συνδεθούν μια οθόνη, το πληκτρολόγιο και το ποντίκι. Και τα δύο αυτά μοντέλα απαιτούν 5Volt για να παραμείνουν ενεργοποιημένα οπότε χρειάζεται έναν προσαρμογέα ή μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία με μεγαλύτερη τάση.

Από την άλλη, οι πλακέτες Arduino, αρχίζουν να εκτελούν τον κώδικα που έχουν όταν είναι ενεργοποιημένες και σταματάνε όταν τραβηχτεί το βύσμα. Το Arduino χρειάζεται μια μπαταρία που διατηρεί την τάση πάνω από ένα ορισμένο επίπεδο, μαζί με το shield που μπορεί να έχει πάνω του και έτσι διαχειρίζεται την ισχύ. Ακόμα και εάν πέσει η τάση το Arduino δεν θα πάθει κάτι ούτε θα χαλάσει το λειτουργικό του, σε αντίθεση με το Pi όπως αναφέραμε παραπάνω.

4.1.6 Αισθητήρια – Sensors

Και οι δύο συσκευές έχουν αρκετές θύρες διασύνδεσης. Η σύνδεση αναλογικών αισθητηρίων με τον Arduino είναι πιο εύκολο σε σχέση με το Raspberry Pi. Ο μικροελεγκτής μπορεί εύκολα να ερμηνεύσει και να ανταποκριθεί σε ένα ευρύ φάσμα δεδομένων αισθητήρων χρησιμοποιώντας τον κώδικα που έχει γραφτεί. Το συγκεκριμένο είναι αρκετά εύκολο και ενδιαφέρον εάν ο χρήστης σκοπεύει να επαναλάβει μια σειρά εντολών ή να απαντήσει στα δεδομένα αισθητήρα ως μέσο για την πραγματοποίηση προσαρμογών σε σερβομηχανισμούς και συσκευές. Οι πλάκες Raspberry Pi, από την άλλη πλευρά, απαιτούν λογισμικό για αποτελεσματική διασύνδεση με αυτά τα είδη συσκευών, κάτι που δεν είναι πάντα εφικτό.

Η χρήση και των δύο πλακετών σε ένα project δεν είναι πρωτόγνωρη. Η συσκευή του Arduino θα λειτουργεί ως πίνακας ελέγχου με τι εντολές που έχει το λογισμικό του Raspberry Pi πριν οι πληροφορίες του κάθε αισθητήρα τροφοδοτηθεί για εγγραφή ή αναγνώριση.

4.1.7 Ποιο είναι πιο χρήσιμο - εύχρηστο;

Πολλοί αναφέρουν ότι το Arduino είναι πιο χρήσιμο από το Raspberry. Αναφέρουν, επίσης, ότι είναι πιο εύκολο για τους νέους χρήστες σε σχέση με το Raspberry, όμως και τα δύο είναι χρήσιμα και εύκολα στην εκμάθηση αυτών. Η επιλογή του κάθε επεξεργαστή εξαρτάται από το project που πρέπει και θέλει, ο χρήστης, να υλοποιήσει.

Για τους χρήστες που ασχολούνται με τα ηλεκτρονικά ή ακόμα τώρα ξεκινάνε, το Arduino είναι μια καλή αρχή, διότι μαθαίνουν για συνδέσεις και τα σχετικά αυτών. Εάν δεν χρειάζεται το project να συνδεθεί στο διαδίκτυο τότε είναι καλή επιλογή αλλιώς θα πρέπει να κατευθυνθούν προς το Raspberry. Τέλος, τα έργα με τον επεξεργαστή αυτόν είναι πιο εύκολα και πιο μικρά καθώς δεν χρειάζεται να υπάρχουν αρκετές γνώσεις για software και Linux σε σύγκριση με την Raspberry.

Από την άλλη, εάν το έργο είναι περίπλοκο και έχει την απαίτηση του διαδικτύου, όπως αναφέραμε, το Raspberry είναι η κατάλληλη επιλογή. Δεν χρειάζεται για να χρησιμοποιήσουμε το Raspberry να έχουμε ηλεκτρονικές-ηλεκτρολογικές γνώσεις μόνο γνώσεις Linux και software.

Παρόλο που είναι σε μερικά σημεία ίδια και σε κάποια τόσο διαφορετικά, είναι εύκολα να χρησιμοποιηθούν και μαζί. Το Raspberry θα «μαζεύει» τα απαιτούμενα δεδομένα του έργου και θα «λέει» τι θα κάνει στο Arduino.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Μικροελεγκτής-Μικροεπεξεργαστής στην ελληνική εκπαίδευση

5.1 Εξέλιξη των μικροεπεξεργαστών με την πάροδο του χρόνου

Η απόδοση και η εξέλιξη των μικροεπεξεργαστών-μικροελεγκτών αυξάνεται συνεχώς με την πάροδο του χρόνου. Παλιότερα ήταν αρκετά δύσκολο και κυρίως χρονοβόρο το να προγραμματίσει έναν μικροελεγκτή. Η κύρια γλώσσα ενός μικροελεγκτή είναι η Assembly, μια χαμηλού επιπέδου γλώσσα προγραμματισμού της οποίας η εκμάθηση απαιτείται άριστη γνώση της μηχανικής γλώσσας. Η γλώσσα μηχανής αποτελείται από μοτίβα bits όπου σε αυτά κωδικοποιούνται εντολές του επεξεργαστή και δεδομένα. Ένας επεξεργαστής θα «καταλάβει» την ακολουθία 10110000 01100001, άλλα για έναν προγραμματιστή είναι πιο εύκολο να κατανοήσει την συμβολική γλώσσα, *mov al, 061h*⁵. Το να μάθει κάποιος την συμβολική γλώσσα ήταν και είναι εξαιρετικό κατόρθωμα, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι κάνει για κάθε επεξεργαστή. Μπορεί ο χρήστης να καταναλώσει χρόνο στην εκμάθηση μιας τέτοιας γλώσσας και όταν τα καταφέρει να μην είναι πλέον διαθέσιμος ο επεξεργαστής που να τη δέχεται, λόγω εξέλιξης της τεχνολογίας. Έτσι, η γλώσσα υψηλού επιπέδου έρχεται και γίνεται πιο ανταγωνιστική για γνώστες ή μη του προγραμματισμού.

Η γλώσσα υψηλού επιπέδου είναι πιο κατανοητή ακόμα και από αρχάριους, σε σχέση με την συμβολική γλώσσα. Ένα πρόγραμμα σε κώδικα υψηλού επιπέδου μετατρέπεται σε γλώσσα μηχανής μέσω ενός compiler. Η εκμάθηση μιας υψηλής γλώσσας προγραμματισμού γίνεται αρκετά πιο γρήγορα συγκριτικά με μιας χαμηλού επιπέδου. Αποτέλεσμα αυτής, είναι ότι ο χρήστης γίνεται πιο παραγωγικός σε προγράμματα με πολλές εντολές και πιο δημιουργικός με project. Οι περισσότερες εταιρείες που παράγουν μικροελεγκτές διαθέτουν δωρεάν το περιβάλλον προγραμματισμού και τα αναπτυξιακά εργαλεία, ενώ ο χρήστης έχει την δυνατότητα να προσθέσει έναν ή περισσότερους compilers. Οι περισσότεροι compilers είναι σε γλώσσα C, μια γλώσσα υψηλού επιπέδου⁶ που είναι κατανοητή και από χρήστες μικρής ηλικίας. Η διαφορά της ψευδογλώσσας με την C++ είναι μικρή με την πρώτη να διδάσκεται στην ελληνική και αγγλική γλώσσα με μικρές διαφοροποιήσεις στις εντολές.

Σε αρκετά ελληνικά πανεπιστήμια θετικών και τεχνολογικών κατευθύνσεων, γίνεται εκμάθηση των μικροελεγκτών-μικροεπεξεργαστών καθώς και ο προγραμματισμός αυτών για διάφορα project. Ο πιο διαδεδομένος μικροελεγκτής στην τριτοβάθμια εκπαίδευση είναι το

⁵ Με την εντολή αυτή μετακινεί την τιμή 61, που είναι δεκαεξαδική, στον καταχωρητή με το όνομα al.

⁶ [Κεφάλαιο 3, Ενότητα 3.1.5](#)

Arduino. Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται βασίζεται στην C/C++, η οποία διδάσκεται σε κάποια πανεπιστήμια της χώρας. Έτσι, όταν ένας φοιτητής δημιουργήσει έναν project με Arduino, θα του είναι αρκετά εύκολο διότι θα γνωρίζει ήδη την γλώσσα. Πολλά ελληνικά αλλά και ξένα πανεπιστήμια διαθέτουν δωρεάν σεμινάρια για την εκμάθηση και την δημιουργία project με το Arduino με πιστοποίηση παρακολούθησης. Αποτέλεσμα αυτού είναι η μεγάλη συμμετοχή φοιτητών και η εξοικειωσή τους σε προβλήματα/projects STEM⁷. Το Arduino προτείνεται κυρίως στην τριτοβάθμια εκπαίδευση διότι είναι εύκολα κατανοητό και προσβάσιμο, έχει μια βασική γλώσσα, είναι οικονομικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μικρές ή μεγάλες κατασκευές ανάλογα με την επιθυμία του χρήστη.

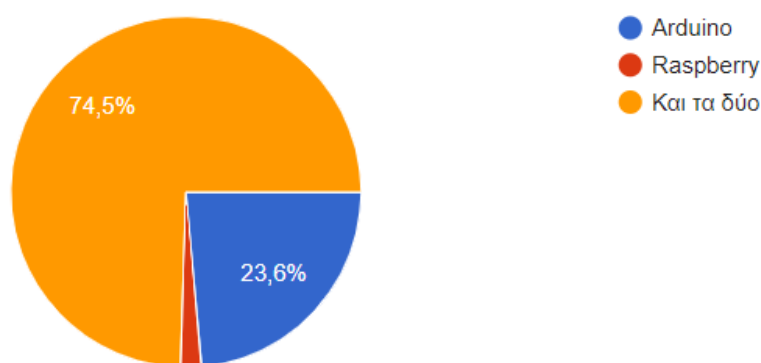
Από την άλλη πλευρά, ο μικροελεγκτής Raspberry Pi δεν είναι τόσο διαδεδομένος στα ελληνικά όσο στα ξένα πανεπιστήμια. Στο εξωτερικό, η εκμάθηση του γίνεται ως εργαστηριακό μάθημα [80], ώστε οι φοιτητές να εξοικειωθούν με αυτόν και με τις δυνατότητες του. Αντιθέτως, στην Ελλάδα δεν εστιάζεται τόσο πολύ η απόκτηση γνώσεων ενός μικροελεγκτή αυτής της κατηγορίας. Για αυτό τον λόγο, οι φοιτητές εστιάζουν να τον γνωρίσουν εμπειρικά και κατόπιν δικιάς τους προσπάθειας, διότι δεν υπάρχουν δωρεάν σεμινάρια για την εκμάθηση του, όπως στο εξωτερικό. Το Raspberry Pi, όπως έχει αναφερθεί και σε παραπάνω Κεφάλαια⁸, είναι ένας σχετικά ακριβός μικροελεγκτής τσέπης αλλά με τεράστιες δυνατότητες, που μπορεί να προγραμματιστεί εξίσου με την γλώσσα C/C++. Βέβαια, επιπλέον, έχει δυνατότητες προγραμματισμού, όπου η σύνταξη του κώδικα και η δημιουργία project γίνεται πιο ενδιαφέρουσα. Έτσι, το Raspberry Pi θα μπορούσε εξίσου, όπως το Arduino, να διδαχθεί στα ελληνικά πανεπιστήμια είτε ως μάθημα είτε ως workshop, με απλές και κατανοητές γλώσσες προγραμματισμού ως προς τους φοιτητές. Αποτέλεσμα αυτού, θα έχουν περισσότερες εμπειρίες και περισσότερες επιλογές μικροελεγκτών για την δημιουργία ενός project.

⁷ Science, Technology, Engineering and Mathematics.

⁸ [Κεφάλαιο 3](#) και [Κεφάλαιο 4](#)

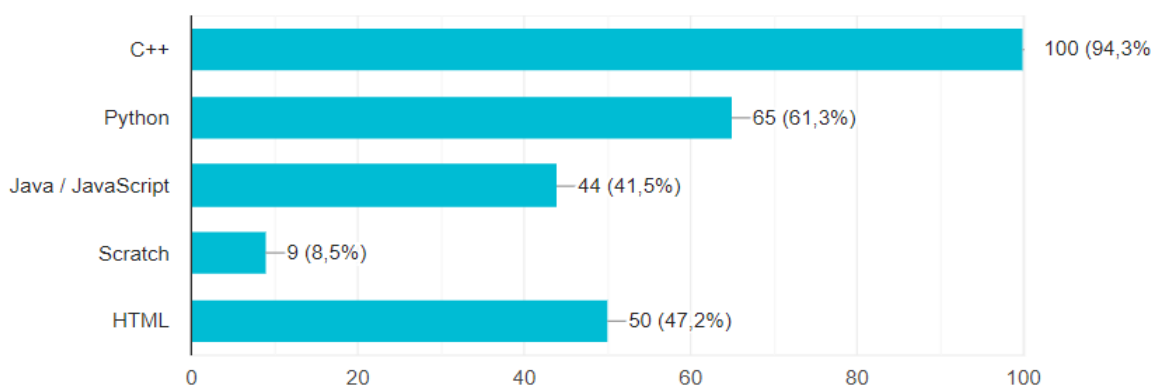
5.2 Έρευνα - Ερωτηματολόγιο

Ο λόγος που επιλέχθηκε η μέθοδος ερωτηματολογίου για την έρευνα αυτή, ήταν για τον έλεγχο της στάσης του κόσμου ως προς τους δύο μικροελεγκτές, Arduino και Raspberry Pi. Έγιναν συνολικά ερωτήσεις σε εκατό-έξι (106) άτομα, κυρίως των ηλικιών 18- 27 ετών με ένα ακόμα ποσοστό ηλικιών 30+. Οι περισσότεροι που απαντήσαν είναι κυρίως τεχνολογικών σπουδών που έχουν διδαχθεί ή γνωρίζουν τους μικροελεγκτές λόγω του αντικειμένου που σπουδάζουν. Βέβαια, υπάρχουν και ερωτηθέντες των οποίων οι σπουδές δεν έχουν συσχέτιση με το αντικείμενο αλλά δείξαν πρόσθεση στην γνώση του προγραμματισμού και των μικροελεγκτών για την προσωπική τους εμπειρία (π.χ. γεωγραφικών σπουδών-εκκλησιαστικών κειμηλίων). Από την ερώτηση « Γνωρίζετε το Arduino ή/και το Raspberry Pi» οι απαντήσεις που δόθηκαν ήταν αρκετά θετικές και για τους δύο μικροελεγκτές, με μόνο ένα μικρό ποσοστό να γνωρίζει μόνο τον Pi (1,9%) [Σχήμα 1]



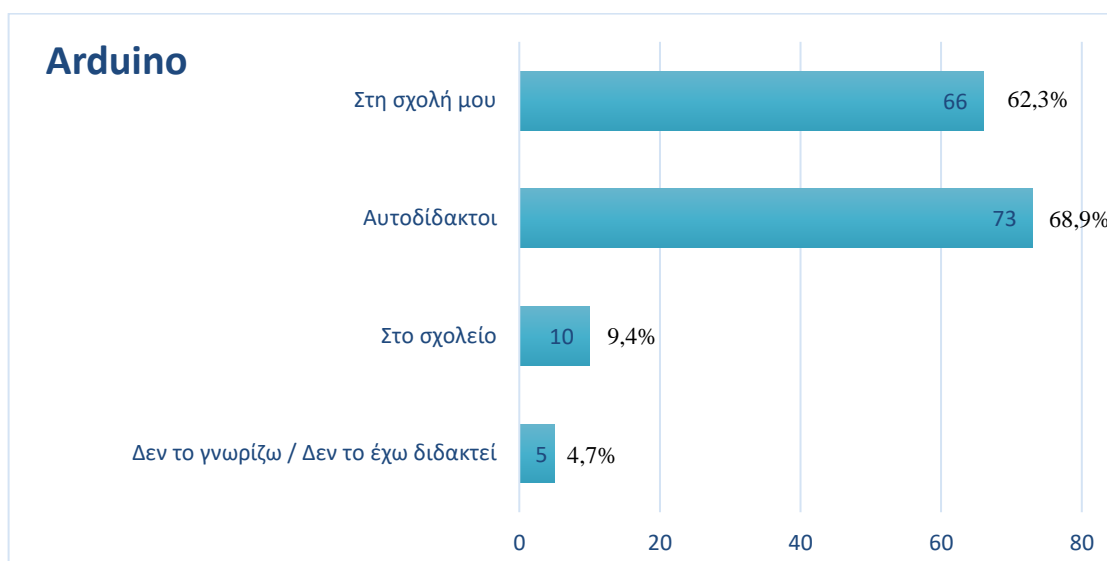
Σχήμα 1 Γνωρίζετε το Arduino ή/και το Raspberry Pi;

Το μεγαλύτερο ποσοστό το ερωτηθέντων (100 από τους 106) γνωρίζουν τον προγραμματισμό της C/C++, αλλά συνολικά γνωρίζουν και την Python, την Java/JavaScript, Scratch και την γλώσσα σήμανσης HTML όπως φαίνεται και στο παρακάτω Σχήμα 2.

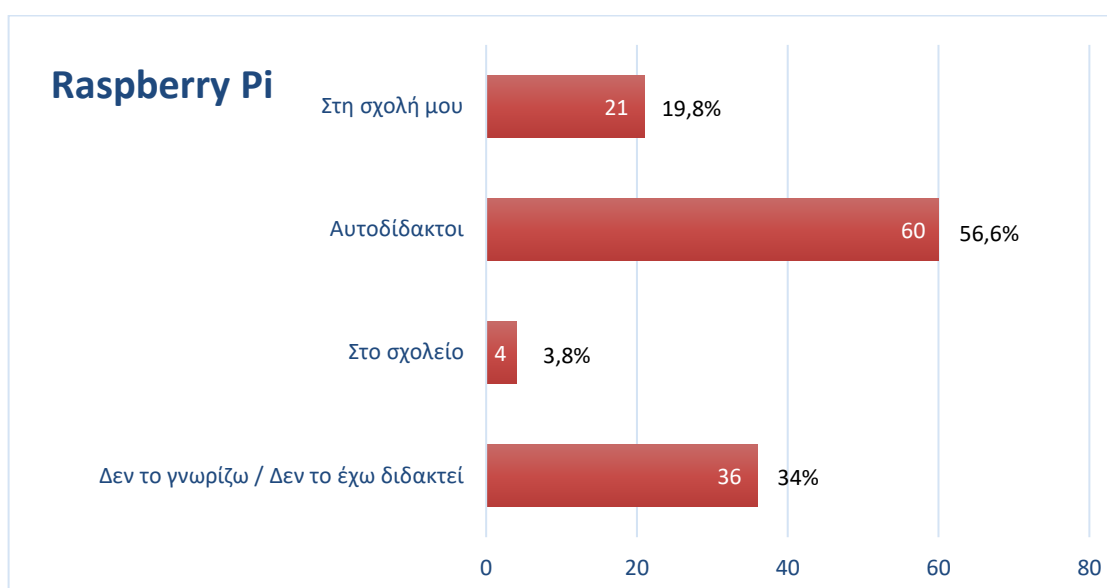


Σχήμα 2 Ποια γλώσσα προγραμματισμού γνωρίζετε;

Όσο αναφορά τους δύο μικροελεγκτές, στο κομμάτι της εκμάθησης υπάρχουν εμφανείς διαφορές για τον καθένα.



Σχήμα 3 Εάν το γνωρίζετε, που το έχετε διδαχθεί; Arduino



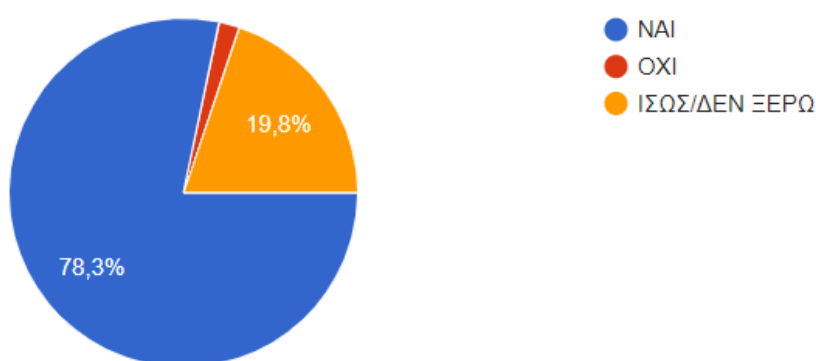
Σχήμα 4 Εάν το γνωρίζετε, που το έχετε διδαχθεί; Raspberry

Παρατηρείται ότι ποσοστιαία ο κόσμος γνωρίζει το Arduino μέσω σχολής (62,3%) συγκριτικά με το Raspberry (19,8%) που οι χρήστες το ανακαλύπτουν από άλλες πηγές (ποσοστό 56,6% κυρίως από προσωπική τους εμπειρία). Αποτέλεσμα αυτού, είναι ότι οι χρήστες θέλουν να μάθουν για τον Pi χωρίς το ενδιαφέρον να έχει προκληθεί μέσω σχολής. Αυτό είναι ένα δεδομένο που θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί η τριτοβάθμια εκπαίδευση προσφέροντας επιπλέον γνώση σε πρόθυμα άτομα.

Σε αυτό το σημείο, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι 39 στα 106 άτομα απάντησαν ότι γνωρίζουν τον Arduino μέσω της σχολής τους αλλά και αυτοδίδακτά. Αυτό ενδέχεται να

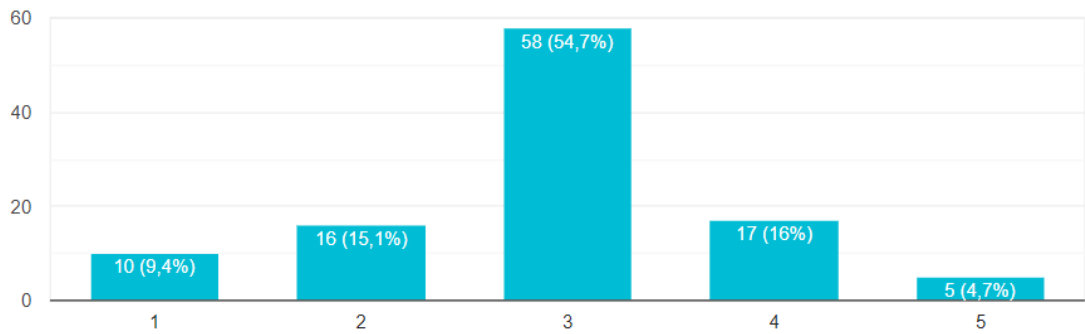
συμβαίνει διότι δεν λαμβάνουν την επαρκή γνώση που θα θέλουν και στρέφονται στην αυτοδίδακτη εκμάθηση ή διαφορετικά λόγω της δημοτικότητας του συστήματος στον χώρο.

Βέβαια, όπως προαναφέρθηκε, στο ερωτηματολόγιο απάντησαν και άτομα που οι μικροελεγκτές δεν έχουν σχέση με το αντικείμενο των σπουδών τους, οπότε είναι λογικό να μην το έχουν γνωρίσει μέσω της σχολής τους. Οι περισσότεροι από αυτούς απάντησαν ότι γνωρίζουν τους μικροελεγκτές αυτοδίδακτα. Επίσης, μεγάλο ποσοστό των ερωτηθέντων γνωρίζει το Raspberry Pi από προσωπική εμπειρία, ανεξαρτήτως των σχολών τους. Από την άλλη, υπάρχει και το ποσοστό των ατόμων που δεν γνωρίζουν τον συγκεκριμένο μικροελεγκτή, και σύμφωνα με το παρακάτω Σχήμα 5, θα ήθελαν.

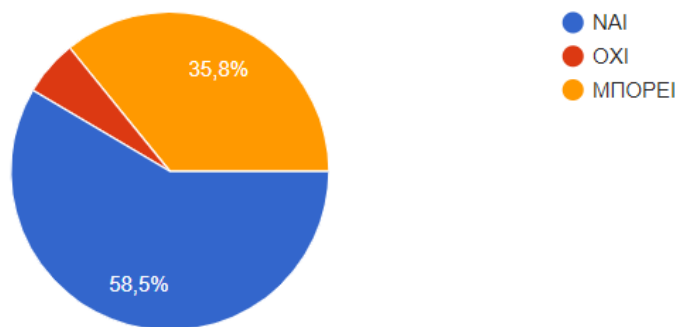


Σχήμα 5 Εάν δεν το γνωρίζετε, θα θέλατε να το μάθετε; Raspberry Pi

Το 54,7% των ερωτηθέντων, σχεδόν οι μισοί, γνωρίζουν τις δυνατότητες του Raspberry Pi και για αυτό θεωρούν την τιμή του φυσιολογική, όπως φαίνεται στα αποτελέσματα στο Σχήμα 6. Παρόλο που το Raspberry έχει διπλάσια τιμή του Arduino, θα αγόραζαν το kit (Σχήμα 7), που διατίθεται από την εταιρεία. Αυτό μας δείχνει ότι η αξία του είναι δικαιολογημένη συγκριτικά με το Arduino. Ακόμα, παρατηρήθηκε ότι τα άτομα που δεν γνωρίζουν το Raspberry, δεν βρίσκουν υπερτιμημένο τον μικροελεγκτή συγκριτικά με το Arduino και υπάρχει πιθανότητα να αγόραζαν kit του Pi, (παραμόνο το 4,7% δεν θα έμπαινε στην διαδικασία της αγοράς). Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα δείχνει ότι υπάρχει θέληση για εκμάθηση του Raspberry Pi γεγονός πάνω στο οποίο θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί η τριτοβάθμια εκπαίδευση.

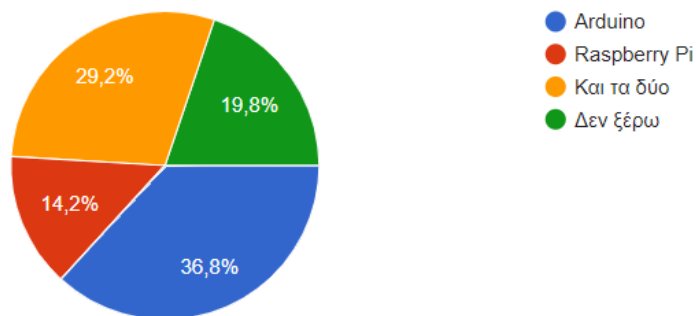


Σχήμα 6 Θεωρείτε ότι η πλακέτα Pi είναι ακριβή (45€) συγκριτικά με το Arduino (20€)-σύμφωνα με τις δυνατότητές του καθενός;
(1. Συγκριτικά Φθηνό- 5. Συγκριτικά Ακριβό)



Σχήμα 7 Δεδομένου ότι το Raspberry έχει αρκετές δυνατότητες για την υλοποίηση ενός project, θα αγοράζατε το kit;

Στο [Κεφάλαιο 4](#) έγινε σύγκριση μεταξύ των μικροελεγκτών καθώς και μια ανάλυση για την χρήση και των δύο σε ένα κοινό project. Στην έρευνα έγινε μια παρόμοια ερώτηση σχετικά με ποιόν μικροελεγκτή θα χρησιμοποιούσαν και γιατί. Αρκετοί, όπως φαίνεται στο Σχήμα 8, θα επέλεγαν τον Arduino, αλλά ένα ακόμα μεγάλο ποσοστό θα χρησιμοποιούσε και τους δύο.



Σχήμα 8 Εάν σε μάθημα σας ζηταγαν να δημιουργήσετε ένα project με Arduino ή Raspberry Pi τι θα επιλέγατε ;

Να σημειωθεί πως το ποσοστό 19,8% που απάντησε «Δεν ξέρω», είναι κυρίως άτομα που είτε δεν γνωρίζουν κάποιον από τους δύο, (άτομα που θα ήθελαν να τους γνωρίσουν από διαφορετικές σχολές) είτε-διότι εξαρτάται από την φύση του project .

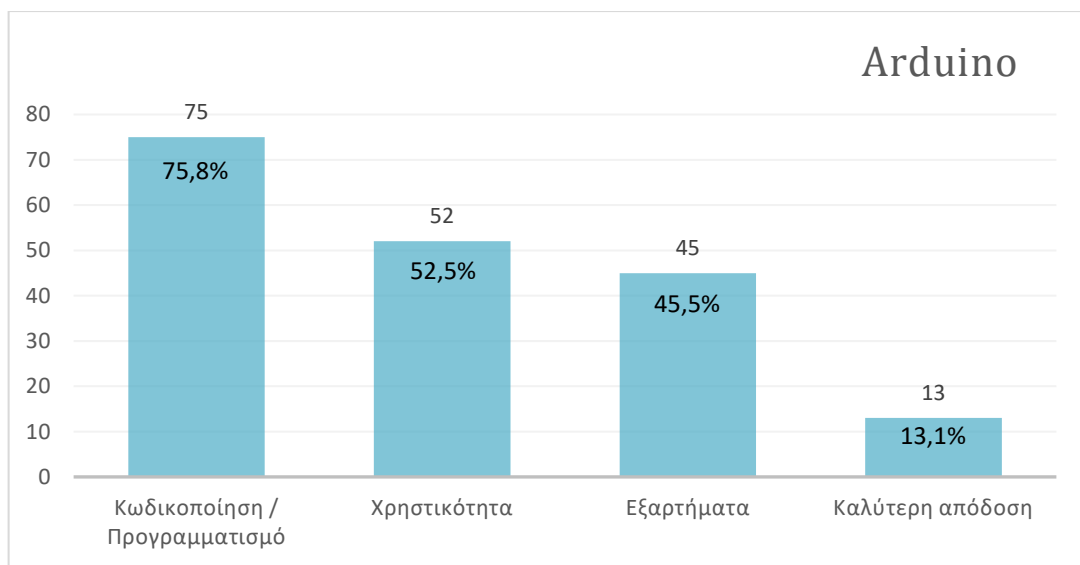
Το ποσοστό 36,8% που επέλεξε τον Arduino είναι κυρίως για κοινούς λόγους. Πιο συγκεκριμένα κάποιοι χρήστες απάντησαν:

A. «Είναι πιο εύκολο και χρήσιμο στις εφαρμογές που το χρησιμοποιώ σε σχέση με τον σχετικό βαθμό δυσκολίας του Raspberry.»

B. «Εξαρτάται από το πρότζεκτ, αλλά αν διάλεγα και πρότζεκτ μόνος μου θα προτιμούσα Arduino από οικονομικής πλευράς και επειδή είμαι πιο εξοικειωμένος»

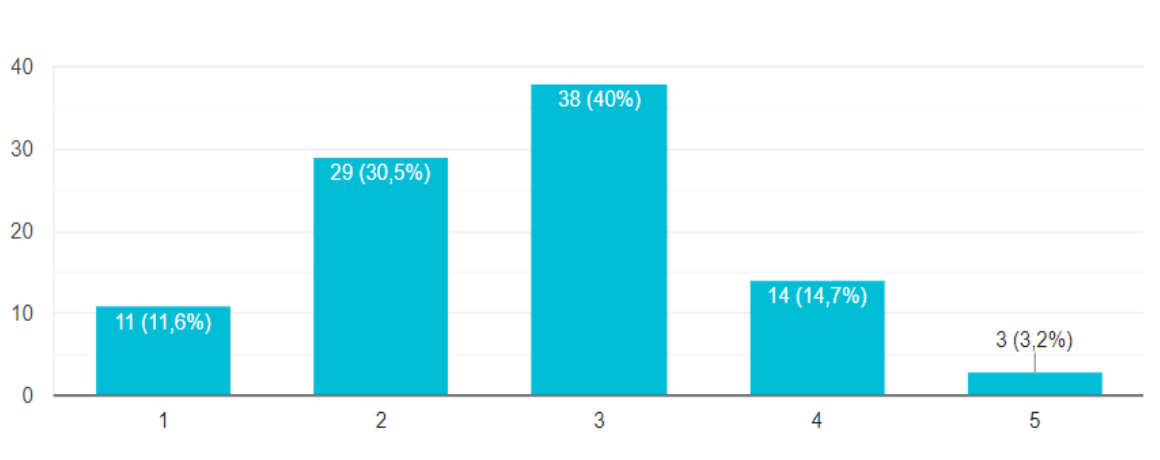
Οι περισσότερες απαντήσεις για το Arduino ήταν λόγω εύκολης εκμάθησης του κώδικα, του κόστους, της άνετης χρήσης/ευελιξίας και λόγω παραπάνω τριβής με αυτόν.

Παρακάτω φαίνονται και τα αποτελέσματα:



Σχήμα 9 Βάση ποιων κριτηρίων θα το επιλέγατε να χρησιμοποιήσετε το Arduino; (δυνατότητα πολλαπλής επιλογής)

Ο κόσμος που έχει χρησιμοποιήσει το Arduino (83%) δεν συνάντησε ιδιαίτερες δυσκολίες. Όπως φαίνεται στο παρακάτω ιστόγραμμα, το 40% βρήκε «μέτρια» την δυσκολία χρήσης του.



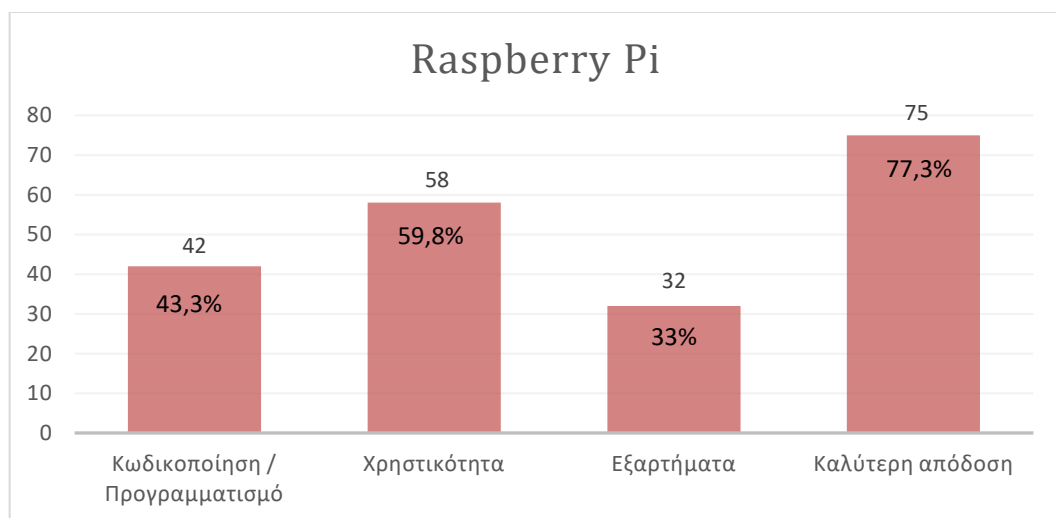
Σχήμα 10 Πώς σας φάνηκε από πλευρά δυσκολίας;

Το ποσοστό 14,2% του επέλεξε το Raspberry Pi, είναι εξίσου για κοινούς λόγους. Πιο συγκεκριμένα κάποιοι χρήστες απάντησαν:

A. «Το Raspberry Pi έχει πολλές δυνατότητες και μπορεί να χρησιμοποιήσει κάθε γλώσσα προγραμματισμού η οποία διαθέτει compiler για arm cpus , επίσης το Raspberry Pi έχει την δυνατότητα επεκτάσεων όπως και το Arduino , ακόμα ο κώδικας του είναι κανονική γλώσσα προγραμματισμού και όχι κάποιου είδους περιγραφική γλώσσα όπως είναι σε άλλα Single Board Computers. Έχει μεγάλη δυνατότητα για customize καθώς αφήνει το άτομο που κάνει το project να επιλέξει όλα τα χαρακτηριστικά που θα θεωρούσαμε δεδομένα , τέλος ο κώδικας που γράφτηκε για το Raspberry Pi μπορεί να μεταφερθεί και σε σταθερούς η/Υ για την χρήση προτύπων που έχουμε είδη φτιάξει για τον έλεγχο του hardware.»

B. «Περισσότερες δυνατότητες από πλευράς σχεδιασμού project και επιδόσεων»

Όλες σχεδόν οι απαντήσεις αφορούσαν τις επιδόσεις και τις ικανότητες του μικροελεγκτή Pi. Παρακάτω φαίνονται και τα αποτελέσματα, για ποιον λόγο θα επιλέγαν τον Raspberry Pi, όπου και επαληθεύουν τα λεγόμενα τους.



Σχήμα 11 Βάση ποιων κριτηρίων θα το επιλέγατε να χρησιμοποιήσετε το Raspberry Pi; (δυνατότητα πολλαπλής επιλογής)

Τέλος, το ποσοστό 29,2% που απάντησαν ότι θα χρησιμοποιούσαν και τους δύο είχαν παρόμοιες απαντήσεις σχετικά με την χρησιμότητα και δημιουργία project μεταξύ των δύο μικροελεγκτών. Πιο συγκεκριμένα είπαν:

A. «Το κάθε ένα έχει διαφορετική χρήση, συνεπώς θα επέλεγα να δω και τα 2 ώστε να διευρύνω τις γνώσεις μου»

B. «Εξαρτάται τι θες να φτιάξεις. Αν θες κάτι απλό, το οποίο δεν απαιτεί ιδιαίτερη λογική από πίσω, παίρνεις Arduino. Αν ωστόσο θες να υλοποιήσεις περίπλοκη λογική, ένας υπολογιστής ARM όπως αυτός του Raspberry Pi είναι πιο κατάλληλος.»

Γ. «Γιατί θεωρώ πως ο συνδυασμός των δυο θα δώσει ένα καλύτερο αποτέλεσμα, γιατί ο συνδυασμός τους έχει απίστευτα αποτελέσματα και από κάτι μοναδικό.»

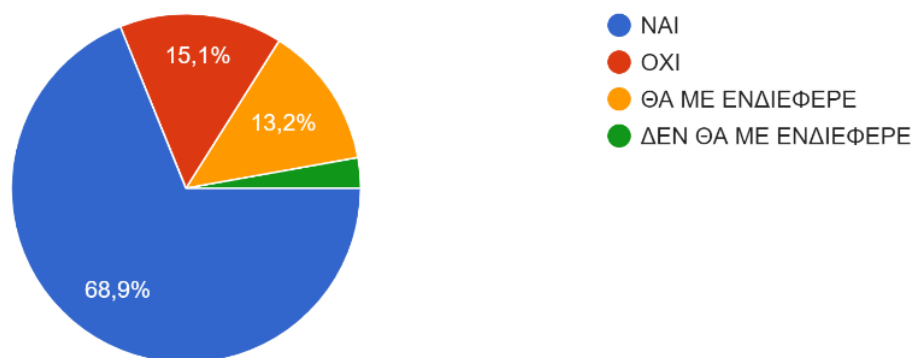
Δ. «Πιστεύω είναι καλό να τα ξέρουμε και τα δύο και να εξασκούμαστε και με τα δύο.»

Ε. «Επειδή το Arduino είναι καλύτερο στην υλοποίηση πολύπλοκων project και το Raspberry μπορεί να διαχειριστεί πιο γρήγορα δεδομένα και υποστηρίζει και την υλοποίηση Software.»

Ζ. «Γιατί το Arduino το ξέρω από τη μία και απ' την άλλη θα ήθελα να μάθω και το Raspberry.»

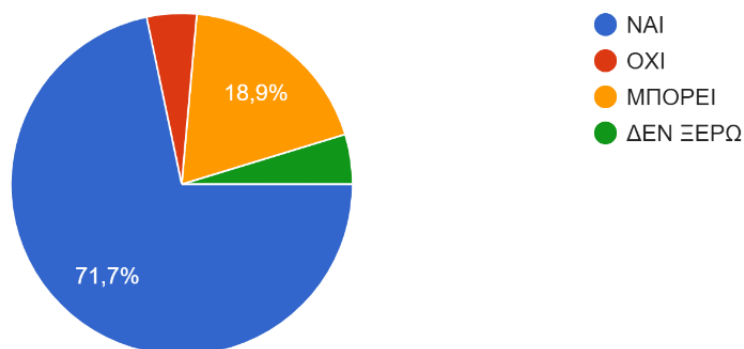
Η. «Γιατί με το Pi μπορούμε να κάνουμε πιο πολύπλοκα πράγματα από πλευράς λογισμικού και με το Arduino τα πιο περιπλοκά από πλευράς υλισμικού.»

Γενικά, από την έρευνα του ερωτηματολογίου γίνεται κατανοητό ότι οι χρήστες θέλουν να μάθουν να χρησιμοποιούν και τους δύο μικροελεγκτές. Όπως αναφέρεται στα [Κεφάλαια 2](#) και [Κεφάλαιο 3](#), οι δύο μικροελεγκτές διαθέτουν starter kits ειδικά σχεδιασμένα για τα πρώτα βήματα νέων χρηστών/φοιτητών. Μέσα από το ερωτηματολόγιο, μόνο το Arduino αποδείχθηκε ότι μαθαίνεται/χρησιμοποιείται, στα Ελληνικά πανεπιστήμια, ενώ ο Pi ελεγκτής γίνεται γνωστός από εξωτερικούς παράγοντες. Βέβαια, για να διδαχθούν οι μικροελεγκτές στις σχολές το θεωρητικό τους κομμάτι θα πρέπει να είναι μέρος μαθήματος και το πρακτικό να γίνει μέσω σεμιναρίων για την πιο άμεση επαφή των φοιτητών με αυτούς. Ρωτήσαμε, γενικά, εάν οι συμμετέχοντες έχουν παρακολουθήσει τέτοια σεμινάρια εκμάθησης. Το μεγαλύτερο ποσοστό (68,9%) απάντησε θετικά ενώ μόνο το (2,8%) δεν θα τους ενδιέφερε. Πιο αναλυτικά φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

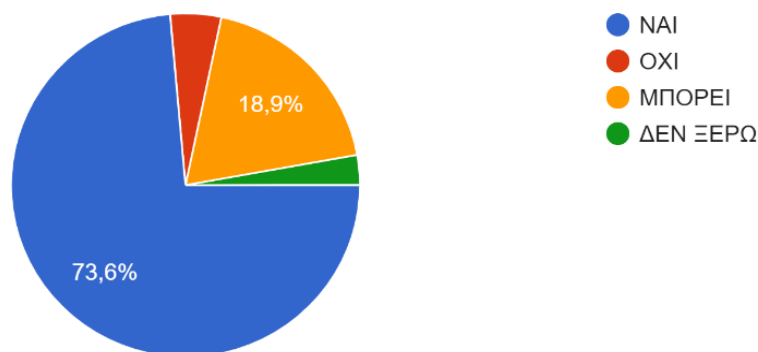


Σχήμα 11 Έχετε παρακολουθήσει ποτέ σεμινάρια ή μαθήματα για εκμάθηση;

Στην συνέχεια η ερώτηση, έγινε πιο συγκεκριμένη για το Arduino και για το Raspberry Pi, όπως φαίνεται και παρακάτω.



Σχήμα 12 Εάν έκαναν στην σχολή σας δωρεάν σεμινάρια για να μάθετε Arduino θα συμμετείχατε;



Σχήμα 13 Εάν έκαναν στην σχολή σας δωρεάν σεμινάρια για εκμάθηση του Raspberry Pi θα συμμετείχατε;

Παρατηρείται, ότι υπάρχουν κοινές απαντήσεις. Το ποσοστό που δε θα ήθελε να συμμετέχει είναι 4,7% και στους δύο. Ενώ το 71,7% για το Arduino και 73,6% για το Raspberry Pi, θα συμμετείχαν. Με αυτά τα τρία αποτελέσματα (Σχήμα 11 - Σχήμα 12 - Σχήμα 13) γίνεται κατανοητό ότι υπάρχει προθυμία και θέληση για την παρακολούθηση εκμάθησης των δύο μικροελεγκτών.

Συμπερασματικά, το Arduino ήδη έχει εισαχθεί ως αντικείμενο στις σχολές, όπως φαίνεται σε όλη την έρευνα που έγινε. Οι περισσότεροι τον γνωρίζουν μέσα από εκεί και στην συνέχεια διευρύναν τις γνώσεις τους για αυτόν. Από την άλλη όμως το Raspberry Pi, δεν έχει αντίστοιχη θέση στα Ελληνικά πανεπιστήμια παρόλο που φαίνεται να υπάρχει επίσης προθυμία. Κατανοείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων θέλουν να διευρύνουν τις γνώσεις τους και επειδή η σχολή τους ή παρεμφερείς σχολές δεν διοργανώνουν σεμινάρια, καταλήγουν στην προσωπική εκμάθηση.

Τα πανεπιστήμια, θα μπορούσαν να εκμεταλλευτούν αυτή την προθυμία.

- Υπάρχει ενδιαφέρον για παρακολούθηση σεμιναρίων.
- Υπάρχει θέληση για εκμάθηση – γνώση, παρά την πολυπλοκότητα του.
- Υπάρχει πιθανότητα αγοράς του ΚΙΤ για καλύτερη εξοικείωση, παρά την αυξημένη τιμή σε σχέση με το Arduino.

Αφού υπάρχει απήχηση, θα μπορούσαν να εντάξουν τον συγκεκριμένο μικροελεγκτή στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, σε σχολές που υπάρχει συσχέτιση. Ακόμα και ανοικτά σεμινάρια για άτομα με διαφορετικό αντικείμενο σπουδών, που έδειξαν ενδιαφέρον.

Συμπέρασμα

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε ανάλυση των γενικών εννοιών των μικροεπεξεργαστών, των μικροελεγκτών καθώς και της εξέλιξη τους με την πάροδο του χρόνου. Στη συνέχεια, αναλύθηκαν όσο το δυνατόν καλύτερα οι μικροελεγκτές Arduino και Raspberry Pi. Πιο συγκεκριμένα, εξετάστηκαν οι λειτουργίες τους τα περιφερειακά εξαρτήματα τους, οι δυνατότητες τους, οι χρήση τους, η συνεχής εξέλιξη τους. Επίσης, μελετήθηκαν οι διαφορές που υπάρχουν μεταξύ τους αλλά και η συνεργασία αυτών των δύο καθώς και η διεκπεραίωση των ερευνητικών δραστηριοτήτων. Τέλος, με την μέθοδο ερωτηματολογίου έγινε έρευνα για το τρόπο χρήσης των δύο μικροελεγκτών, στην τριτοβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα.

Βασική διαφορά των δυο ελεγκτών είναι η τιμή τους. Αρχικά, το Raspberry Pi, είναι πιο ακριβό σε σχέση με το Arduino. Στον ηλεκτρονικό ιστότοπο Skroutz το Arduino Uno μπορεί βρεθεί έως και 27 ευρώ, ενώ το Raspberry Pi μπορεί να αγγίζει έως και τα 37 ευρώ. Το ίδιο συμβαίνει και στο e-Bay, κυρίως για τα kit αυτών. Παράλληλα, η τιμή του Arduino Uno κυμαίνεται μεταξύ 35 με 45 ευρώ και περιλαμβάνει ποικιλία εργαλείων όπως καλώδια, αισθητήρες, πυκνωτές, LED οθόνη, κινητήρες DC, servo-κινητήρες κ.α. Αντίθετα, το Raspberry Pi κυμαίνεται περίπου στα 65 με 80 ευρώ με ελάχιστα εξαρτήματα μέσα. Το αυθεντικό Arduino κοστίζει 20 ευρώ στα καταστήματα ενώ η απομίμηση 5 ευρώ, που έχει εξίσου τις ίδιες δυνατότητες. Από την άλλη πλευρά, το Raspberry Pi ακόμα και ως απομίμηση είναι πιο ακριβό. Βέβαια, όπως φάνηκε στην έρευνα, οι τιμές αυτές είναι αναλογικές βάση των δυνατοτήτων που έχει ο κάθε μικροελεγκτής.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό της διαφοράς τους είναι ο βαθμός ευκολίας και χρηστικότητας των δυο επεξεργαστών. Το Arduino είναι εύκολο για νέους χρήστες και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο επίσημος ιστότοπος του διαθέτει αρκετά παραδείγματα για κάθε εντολή που υπάρχει στην λίστα του κώδικα. Επιπλέον, είναι διαθέσιμη η ανάλυση, η σύνταξη κάθε εντολής καθώς και διάφορα μικρά προγράμματα που μπορούν να γίνουν από τον χρήστη με τα κατάλληλα και απαραίτητα εξαρτήματα. Παρόμοιο ιστότοπο έχει το Raspberry Pi, όπου διαθέτει διαδικτυακά μαθήματα με δύο βασικές γλώσσες προγραμματισμού (Scratch και Python) καθώς και δημιουργία ιστοσελίδων. Επίσης, έχει αρκετά project όπου ο χρήστης μπορεί να διαλέξει το περιβάλλον εργασίας του (Software) αλλά και το θέμα του όπως: ζώα, παιχνίδια, μουσική, φωτογραφία κ.α. Επιπλέον, στην επίσημη ιστοσελίδα αναφέρονται τα απαραίτητα εξαρτήματα για το κάθε ερευνητικό σχέδιο, καθώς και οι κατάλληλες ρυθμίσεις που απαιτούνται στο πρόγραμμα. Τέλος, αμφότερες οι εταιρείες έχουν δημιουργήσει

κατάλληλα τις ιστοσελίδες τους με τις απαραίτητες πληροφορίες που μπορεί να χρειαστεί ο χρήστης

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι και οι δυο μικροελεγκτές μπορούν να πραγματοποιήσουν διάφορα ερευνητικά σχέδια ανεξάρτητα από την δυναμικότητα τους. Θεωρούνται ποιοτικά υλικά για νέους και μεγάλους, είτε πρόκειται για παιχνίδι είτε για εκμάθηση. Αρχικά, και οι δύο ξεκίνησαν για εκπαιδευτικούς λόγους. Βάση της έρευνα που έγινε, στα ελληνικά πανεπιστήμια το Arduino είναι πιο διαδεδομένο από το Raspberry Pi. Βέβαια, αυτό θα μπορούσε να αλλάξει, εάν στην ελληνική τριτοβάθμια εκπαίδευση τεχνολογικών σπουδών, ενταχθεί η εκμάθηση του Raspberry Pi εκτός του Arduino. Ακόμα καλύτερα, θα μπορούσαν να διοργανωθούν ανοικτά σεμινάρια προς το ευρύ κοινό. Με αυτή την μέθοδο, οι φοιτητές τεχνολογικών σπουδών θα αποκτήσουν μια σωστή βάση από εκπαιδευτικούς που γνωρίζουν το Raspberry Pi και θα μπορέσουν στην συνέχεια να δημιουργήσουν τα δικά τους σχέδια. Το ίδιο βέβαια ισχύει και για φοιτητές διαφορετικών σπουδών που ενδεχομένως θελήσουν να εξοικειωθούν με μικροελεγκτή αυτόν.

Συμπερασματικά, το Arduino και το Raspberry Pi είναι δύο δυνατοί μικροελεγκτές σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες και πιο συγκεκριμένα στην τριτοβάθμια. Και οι δύο είναι ικανοί για πολλά ερευνητικά σχέδια, είτε ο καθένας ξεχωριστά είτε συνεργατικά ανάλογα με την επιλογή του χρήστη. Υπάρχει τεράστιο ενδιαφέρον από πολλούς ανθρώπους και ειδικότερα από φοιτητές με παρεμφερές αντικείμενο σπουδών. Στην έρευνα η οποία διενεργήθηκε για την παρούσα εργασία αποδεικνύεται η ύπαρξη της ζήτησης για την διοργάνωση ανοιχτών σεμιναρίων τα οποία θα ασχολούνται με τον μικροελεγκτή Raspberry Pi μέσα στα πλαίσια της πανεπιστημιακής κοινότητας. Τέλος, παρατηρήθηκε τόσο από τη προσωπική τριβή όσο και από την παρούσα εργασία, η έλλειψη επιμορφωτικών προγραμμάτων που απαιτείται για την εκμάθηση του μικροελεγκτή στην Ελλάδα καθώς και η μεγάλη διάρκεια εξοικείωσης με τον Raspberry Pi σε σχέση με τον Arduino, γεγονός που αποτελεί ανασταλτικός παράγοντας για την επιλογή του από τους φοιτητές.

Βιβλιογραφία

- [1] Λ. Θεόδωρος, «Η ιστορία των μικροεπεξεργαστών,» Αθήνα, 2009.
- [2] M. Brain, «How Microprocessor Work,» 2009.
- [3] «Wikipedia-Microprocessor,»[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Microprocessor>. [Πρόσβαση 2018].
- [4] E. Garage, «Microcontroller».
- [5] «Wikipedia-Microcontrolle,»[Ηλεκτρονικό].Available:
<http://www.engineersgarage.com/microcontroller>. [Πρόσβαση 2018].
- [6] H. Choudhary, «Difference between Microprocessor and Microcontroller,» Engineers Garage, 2012.
- [7] D. Kuser, «The Making of Arduino,» IEEE Spectrum, 2011.
- [8] «Official Site Arduino,» Arduino, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.arduino.cc/>. [Πρόσβαση 2018].
- [9] H. Barragán, «Wiring,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://wiring.org.co/>. [Πρόσβαση 2018].
- [10] «Official Arduino,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.arduino.cc/en/main/boards>. [Πρόσβαση 2018].
- [11] «OfficialArduino-Hardware,»[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://www.arduino.cc/en/Main/HardwarePictures>. [Πρόσβαση 2018].
- [12] Aritoni,«Akouseto,»13112011.[Ηλεκτρονικό].Available:
<http://www.akouseto.gr/eisagogi-sto-arduino/>.
- [13] «Wikipedia-Arduino,»[Ηλεκτρονικό].Available:
https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino#cite_note-kushner-2. [Πρόσβαση 2018].
- [14] «Codebender,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://codebender.cc/>. [Πρόσβαση 2019].
- [15] «Arduino-ProIDE,»Arduino,[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://www.arduino.cc/pro/arduino-pro-ide>. [Πρόσβαση 2020].
- [16] S.Faris,2019.[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://www.seeedstudio.com/blog/2019/10/21/introducing-new-arduino-pro-ide-with-advanced-features/>. [Πρόσβαση 2020].

- [17] A. Williams, «Hackaday,» 21/10/2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://hackaday.com/2019/10/21/the-arduino-ide-finally-grows-up/>. [Πρόσβαση 2020].
- [18] «Arduino-Commands,» Arduino, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.arduino.cc/reference/en/>. [Πρόσβαση 2018].
- [19] «ArduinoStoreKit,» [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.arduino.cc/search?q=kit&tab=store&page=1&refinementList%5Bcategories_without_path%5D%5B0%5D=Kits&refinementList%5Bcategories_without_path%5D%5B1%5D=Education. [Πρόσβαση 12/2020].
- [20] «Top40arduinoprojectsoftheweb,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://hacknmod.com/hack/top-40-arduino-projects-of-the-web>. [Πρόσβαση 2018].
- [21] «RaspberryPi,» RaspberryPiFoundation, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.raspberrypi.org/about/>. [Πρόσβαση 2018].
- [22] «RaspberryPi-Lanches,» [Ηλεκτρονικό]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi#History. [Πρόσβαση 2018-2020].
- [23] «eProssed,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.eproseed.com/programming-languages-for-raspberry-pi/>. [Πρόσβαση 2018].
- [24] «Scratch,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://scratch.mit.edu/>. [Πρόσβαση 2018].
- [25] «Python,» Python, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.python.org/>. [Πρόσβαση 2018].
- [26] «W3Schools-HTMListory,» W3Schools, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.w3schools.in/html-tutorial/history/>. [Πρόσβαση 2018].
- [27] «Curlie-HTML,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://curlie.org/search?q=html&lang=en&stime=92452189&t=computers&cat=>.
- [28] «Curlie-JavaScript,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://curlie.org/Computers/Programming/Languages/JavaScript/>.
- [29] «Hellenic Technologies - JavaScript,» Hellenic Technologies, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://hellenictechnologies.com/javascript/>. [Πρόσβαση 2018].
- [30] «jQuery,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://jquery.com/>. [Πρόσβαση 2018].
- [31] «Wikipedia - JQuery,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/JQuery>. [Πρόσβαση 2018].
- [32] «Java-HistoryofJava,» JavaTpoint, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.javatpoint.com/history-of-java>. [Πρόσβαση 2018-2020].

- [33] «Java T Point - History of C Language,» Java T Point, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.javatpoint.com/history-of-c-language>. [Πρόσβαση 2018-2020].
- [34] «Programiz,»[Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.programiz.com/c-programming>. [Πρόσβαση 2018-2020].
- [35] «Programiz-C++»[Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.programiz.com/cpp-programming>. [Πρόσβαση 2018-2020].
- [36] «cplusplus,»[Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.cplusplus.com/info/history/>. [Πρόσβαση 2018-2020].
- [37] «Perl,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.perl.org/>. [Πρόσβαση 2018-2020].
- [38] «Erlang Official Page,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.erlang.org/>.
- [39] «Wikipedia-Erlang,»[Ηλεκτρονικό]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Erlang_\(programming_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Erlang_(programming_language)). [Πρόσβαση 2018-2020].
- [40] «Raspberry-Hardware,»[Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/>. [Πρόσβαση 2018-2020].
- [41] «RaspberryPi-revisioncodes,»[Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/revision-codes/README.md>.
- [42] «Elinux - RPi History,» [Ηλεκτρονικό]. Available: https://elinux.org/RPi_Hardware.
- [43] «RasPi.TV,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://raspi.tv/2016/how-much-power-does-raspberry-pi3b-use-how-fast-is-it-compared-to-pi2b>. [Πρόσβαση 2020].
- [44] «RaspberryPIBlog,»24062019.[Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.raspberrypi.org/blog/raspberry-pi-4-on-sale-now-from-35/>. [Πρόσβαση 10 2020].
- [45] «RaspberryPi- Introducong turbo mode up to 50 more performance for free,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.raspberrypi.org/introducing-turbo-mode-up-to-50-more-performance-for-free/>.
- [46] «GitHub-raspi-config,»[Ηλεκτρονικό]. Available: <https://github.com/asb/raspi-config/blob/master/raspi-config>. [Πρόσβαση 2020].

- [47] «Forum,»[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://web.archive.org/web/20120316062124/http://www.raspberrypi.org/forum/general-discussion/config-txt/page-3>.
- [48] «RaspberryPi-Archives,»2014.[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://www.raspberrypi.org/archives/2296>.
- [49] «Raspberry Pi 3 Model A+ specs,» Raspberry Pi, [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-a-plus/?resellerType=home>.
- [50] «RaspberryPi4TechSpecs,»RaspberryPi,[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/?resellerType=home>.
- [51] «RaspberryPi4-Blog,»RaspberryPi,[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://www.raspberrypi.org/blog/8gb-raspberry-pi-4-on-sale-now-at-75/>.
- [52] «RaspberryPI3:Specs,»TheMagPi,[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://magpi.raspberrypi.org/articles/raspberry-pi-3-specs-benchmarks>.
- [53] «RaspberryPi2ModelB,»RaspberryPi,[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/?resellerType=home>.
- [54] «Raspberry Pi 3 announced with OSMC support,» OSMC, 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://osmc.tv/2016/02/raspberry-pi-3-announced-with-osmc-support/>.
[Πρόσβαση 2020].
- [55] «RaspberryPIForums,»RaspberryPI,2014.[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?f=38&t=79330>. [Πρόσβαση 2020].
- [56] «GROBOTRONICS-RaspberryPi3ModelB,»[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://grobotronics.com/raspberry-pi-3-model-b.html?sl=el>. [Πρόσβαση 2018].
- [57] «RaspberryPi-Accessories,»[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://www.raspberrypi.org/products/>. [Πρόσβαση 2018-2020].
- [58] «FossMint,»12052020.[Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.fossmint.com/operating-systems-for-raspberry-pi/>. [Πρόσβαση 12 2020].
- [59] «Arstechnica - Raspberry Pi maker says code for ARM chip is now open source,» 24 10 2012.[Ηλεκτρονικό].Available:<https://arstechnica.com/information->

- technology/2012/10/all-code-on-raspberry-pis-arm-chip-now-open-source/. [Πρόσβαση 2020].
- [60] «TheHopen- Raspberry Pi warms up,» 13 9 11. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.h-online.com/open/news/item/Raspberry-Pi-warms-up-1341629.html>. [Πρόσβαση 2020].
- [61] «RaspberryPiBlog,»9072020.[Ηλεκτρονικό].Available: <https://www.raspberrypi.org/blog/vulkan-update-now-with-added-source-code/>. [Πρόσβαση 12 2020].
- [62] «RaspberryPiBlog-Mathematica&Wolfram,»[Ηλεκτρονικό].Available: <https://www.raspberrypi.org/blog/mathematica-on-raspberry-pi-a-guest-post-from-wolfram-research/>.
- [63] «The Verge - Raspberry Pi now includes Mathematica and Wolfram Language for free,» 2013.[Ηλεκτρονικό].Available: <https://www.theverge.com/2013/11/21/5130394/raspberry-pi-includes-mathematica-wolfram-language-free>. [Πρόσβαση 2020].
- [64] «Minecraft,»[Ηλεκτρονικό].Available:<https://www.minecraft.net/en-us/edition/pi>. [Πρόσβαση 2020].
- [65] «REALVNC-RealVNC and Raspberry Pi announce new partnership,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.realvnc.com/en/news/realvnc-and-raspberry-pi-announce-new-partnership/>.
- [66] «REALVNC - Connect is included with Raspbian for Raspberry Pi,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.realvnc.com/en/raspberrypi/>. [Πρόσβαση 2020].
- [67] [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.computerworld.com/au/>.
- [68] «Steam,»Steam,2018.[Ηλεκτρονικό].Available: <https://steamcommunity.com/app/353380/discussions/6/2806204039992195182/>. [Πρόσβαση 2019].
- [69] «GitHUb,»[Ηλεκτρονικό].Available:<https://github.com/nasa-jpl/open-source-rover>. [Πρόσβαση 2020].
- [70] P. B. RAO και S. UMA, «www.ijcsmc.com,» 05 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ijcsmc.com/docs/papers/May2015/V4I5201599a70.pdf>. [Πρόσβαση 2020].

- [71] «KICKSTARTER-MEETOTTO,»6102015.[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://www.kickstarter.com/projects/1598272670/meet-otto-the-hackable-gif-camera>.
[Πρόσβαση 2018].
- [72] «KICKSTARTER-SLICE,»4122015.[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://www.kickstarter.com/projects/fiveninjas/slice-a-media-player-and-more>.
[Πρόσβαση 2018].
- [73] T. O'Brien, «The Organelle is a music computer tha can do almost anything,» Engadget,
2020.
- [74] «LinuxGizmos.com - Automation controller taps Raspberry Pi Compute Module,» 25 06
2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://linuxgizmos.com/automation-controller-taps-raspberry-pi-compute-module/>. [Πρόσβαση 2018].
- [75] J. Kruemcke, «SUSE - A small server for big companies – New Raspberry Pi support in
SLES for ARM,» 26 3 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.suse.com/c/small-server-big-companies-new-raspberry-pi-support-sles-arm/>. [Πρόσβαση 2020].
- [76] «LifeHacker - Top 10 Raspberry Pi Projects for Beginners,» 14 1 2017. [Ηλεκτρονικό].
Available:<https://lifelhacker.com/top-10-raspberry-pi-projects-for-beginners-1791002723>. [Πρόσβαση 2018].
- [77] «DigitalTrends - ARduino vs. Raspberry Pi,» 17 11 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://www.digitaltrends.com/computing/arduino-vs-raspberry-pi/>. [Πρόσβαση 2020].
- [78] «Circuitdigest-Arduinovs.RaspberryPi,»[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://circuitdigest.com/article/arduino-vs-raspberryp-pi-difference-between-the-two>.
- [79] «Broadcom,» Broadcom Inc, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.broadcom.com/>.
[Πρόσβαση 2018].
- [80] «RaspberryPi-GertBoard,»[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://www.raspberrypi.org/archives/1734>.
- [81] «RaspberryPi-CameraModule,»RaspberryPi.[Ηλεκτρονικό].Available:
<https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/camera/>. [Πρόσβαση 2018].