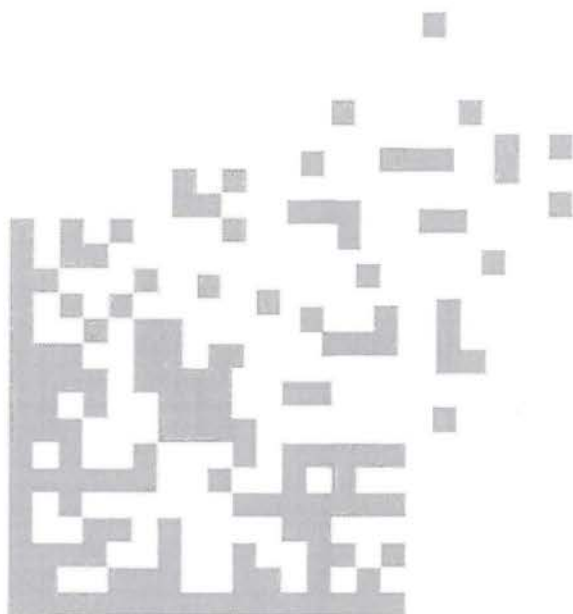


ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αποκωδικοποίηση Data Matrix για βιομηχανικές εφαρμογές



Δαγκομανάκης Μιχαήλ

Σταματελάτος Στυλιανός

Εισηγητής: Ιωάννης Έλληνας

ΑΙΓΑΛΕΩ  
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2014



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ DATA MATRIX ΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

**ΔΑΓΚΟΜΑΝΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ Α.Μ.36858  
ΣΤΑΜΑΤΕΛΑΤΟΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ Α.Μ.37096**

**Εισηγητής:**

**Ιωάννης Έλληνας**

**Εξεταστική Επιτροπή:**

**Ημερομηνία εξέτασης XX/XX/201X**

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ:**

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά,

τον καθηγητή μας, κ. Ιωάννη Έλληνα για την πλήρη στήριξη, τις συμβουλές και την καθοδήγηση του σε όλη την διάρκεια της πτυχιακής μας εργασίας,

την Αγγελική για την υπομονή και την πολύτιμη βοήθεια της,

τον Γιώργο και τον Νίκο για την παραχώρηση των γνώσεων τους,

τον Βαγγέλη και τη Μαρία για τις χρήσιμες συμβουλές τους.

Τέλος, ευχαριστούμε όλους όσους βοήθησαν με τον τρόπο τους για να πραγματοποιηθεί αυτή η πτυχιακή εργασία.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με αποκωδικοποίηση γραμμικών κωδίκων δύο διαστάσεων Data Matrix, καθώς και με την ανάπτυξη μιας εφαρμογής που υλοποιεί την αποκωδικοποίηση με την χρήση του υπολογιστικού συστήματος Raspberry Pi. Αρχικά, μελετάμε το υπολογιστικό σύστημα Raspberry Pi. Στη συνέχεια, αναφερόμαστε στους γραμμικούς κώδικες και εμβαθύνουμε στον δυσδιάστατο γραμμικό κώδικα Data Matrix αναλύοντας τα χαρακτηριστικά του και τη λειτουργία του, και τέλος παρουσιάζουμε την εφαρμογή που αναπτύξαμε.

Οι γραμμικοί κώδικες αποτελούν σήμερα αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας μας και τους συναντάμε σε όλα τα προϊόντα. Η ανάγκη να μπορέσει να συμπεριληφθεί όλο και περισσότερη πληροφορία μέσα σε αυτούς ανάγκασαν τις εταιρίες να στραφούν στην δημιουργία δυσδιάστατων γραμμικών κωδίκων. Ένας από τους κώδικες αυτούς είναι ο Data Matrix ο οποίος έχει ως κύρια χρήση την εφαρμογή του στην φαρμακοβιομηχανία. Η εκτενής χρήση του έχει οδηγήσει σε ανάπτυξη διάφορων εφαρμογών για την αποκωδικοποίηση του. Η εφαρμογή που αναπτύξαμε έχει προγραμματιστεί για να λειτουργεί σε λειτουργικά συστήματα Linux. Για το γραφικό περιβάλλον καθώς και για τον προγραμματισμό αυτής της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Java. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκε η MySQL για την δημιουργία της βάσης δεδομένων στην οποία υπάρχουν αποθηκευμένοι μερικοί κώδικες Data Matrix. Τέλος η εφαρμογή εκτελέστηκε στο υπολογιστικό σύστημα Raspberry Pi με την χρήση μιας κάμερας με σκοπό την δημιουργία ενός μικρού και εύχρηστου για την βιομηχανική παραγωγή αποκωδικοποιητή.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Ανάπτυξη εφαρμογής αποκωδικοποίησης Data Matrix

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Raspberry Pi, Barcode, γραμμικοί κώδικες, Data Matrix, decoder

**ABSTRACT:**

This essay regards with decoding two-dimensional barcodes Data Matrix, as well as with the development of an application that configures decoding with the implementation of Raspberry Pi computing system. Firstly we study the computationally Raspberry Pi. Following up, we refer to the barcodes getting deeper at the two-dimensional barcode Data Matrix analyzing its characteristics and function and finally we present the developed application.

Barcodes are integral part of our daily routine as we find them in every product. The need of including more and more information into them, forced companies to turn in the creation of two-dimensional barcodes. One of these codes is Data Matrix which its main usage is the application in the pharmaceutical industry. Extensive usage has led to develop several decoding applications. Our application has been programmed to work on Linux operating systems. Java language has been used for the graphics environment and programming of this application. Furthermore, MySQL has been used for the database creation in which some Data Matrix codes are stored. Finally the application executed on the Raspberry Pi computing system using a camera in order to create a small and handy decoder for the manufacturing industry.

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:**

<b>1. Raspberry Pi</b> .....	<b>19</b>
1.1. Ιστορική αναδρομή.....	21
1.2. Pi foundation Raspberry – Φιλανθρωπική οργάνωση.....	21
1.3. Raspberry Pi – Ο υπολογιστής των 35\$.....	22
1.4. Χαρακτηριστικά – δυνατότητες.....	23
1.5. Λειτουργικά συστήματα.....	26
1.6. Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα.....	27
1.7. Εφαρμογές με Raspberry Pi.....	28
<b>2. Barcode</b> .....	<b>29</b>
2.1. Ο γραμμικός κώδικας (Barcode).....	31
2.2. Ιστορική αναδρομή.....	31
2.3. Είδη Barcode.....	34
2.4. Παγκόσμιος οργανισμός GS1.....	36
2.5. Ανάλυση ορισμένων γραμμικών κωδίκων.....	36
2.6. Οφέλη χρήσης – περιορισμοί των barcode.....	41
<b>3. Data Matrix</b> .....	<b>43</b>
3.1. Γραμμικός κώδικα δυο διαστάσεων Data Matrix.....	45
3.2. Ιστορική αναδρομή δυσδιάστατων γραμμικών κωδίκων.....	45
3.3. Πρότυπα Data Matrix.....	47
3.4. Περιοχές αναγνώρισης Data Matrix.....	47
3.5. Κωδικοποίηση – αποκωδικοποίηση.....	50
3.6. Μέγεθος – Μορφή Data Matrix.....	55
3.7. Οφέλη χρήσης Data Matrix.....	58
3.8. Εφαρμογή στην φαρμακοβιομηχανία.....	59
<b>4. Data Matrix decoder</b> .....	<b>61</b>
4.1.1. Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής.....	63
4.1.2. Java.....	63
4.1.3. Πλατφόρμα προγραμματισμού Eclipse.....	63
4.1.4. MySQL.....	64
4.1.5. Βιβλιοθήκες και πρόσθετα στοιχεία.....	65
4.2. Η εφαρμογή Data Matrix decoder.....	66
<b>5. Επίλογος</b> .....	<b>71</b>
<b>6. Παράρτημα Α’ _ Ascii πίνακας</b> .....	<b>73</b>
<b>7. Παράρτημα Β’ _ BCM2835 – ARM datasheet</b> .....	<b>75</b>
<b>8. Βιβλιογραφία</b> .....	<b>83</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ:

Εικόνα 1.1: Raspberry Pi μοντέλο B.....	22
Εικόνα 1.2: Μοντέλα Raspberry pi .....	23
Εικόνα 1.3: Ακίδες Raspberry Pi .....	24
Εικόνα 1.4: Raspberry Pi server .....	28
Εικόνα 1.5: Raspberry Pi Retro game.....	28
Εικόνα 2.1: Joseph Woodland at IBM.....	31
Εικόνα 2.2: GS1 Association Greece.....	36
Εικόνα 2.3: Γραμμικός κώδικας EAN-13.....	37
Εικόνα 2.4: Ανάλυση γραμμικού κώδικα EAN-13.....	37
Εικόνα 2.5: Το ISBN barcode του βιβλίου Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας.....	38
Εικόνα 2.6: Ανάλυση του γραμμικού κώδικα ISBN.....	38
Εικόνα 2.7: Κώδικας QR με κωδικοποιημένο κείμενο: ΤΕΙ Πειραιά.....	39
Εικόνα 2.8: Περιοχές ενός QR κώδικα.....	39
Εικόνα 2.9: Κώδικας PDF417 με κωδικοποιημένο κείμενο: ΤΕΙ Πειραιά.....	40
Εικόνα 2.10: Περιοχές ενός PDF417 κώδικα.....	40
Εικόνα 3.1: Τετράγωνο και ορθογώνιο Data Matrix.....	45
Εικόνα 3.2: Code 16K και Code 49.....	46
Εικόνα 3.3: Στοιχείο – κελί ενός Data Matrix κώδικα.....	48
Εικόνα 3.4: Πρότυπο εντοπισμού.....	48
Εικόνα 3.5: Πρότυπο συγχρονισμού.....	49
Εικόνα 3.6: Περιοχή δεδομένων.....	49
Εικόνα 3.7: Νεκρή ζώνη.....	49
Εικόνα 3.8: Πληροφορίες περιοχής δεδομένων Data Matrix.....	50
Εικόνα 3.9: Περιπτώσεις χωρισμού του γωνιακού πλέγματος.....	51

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ:**

<b>Πίνακας 1.1:</b> Χαρακτηριστικά Raspberry Pi.....	<b>25</b>
<b>Πίνακας 2.1:</b> Είδη Barcode.....	<b>34</b>
<b>Πίνακας 3.1:</b> Μεγέθη Data Matrix τετράγωνου μοτίβου.....	<b>57</b>
<b>Πίνακας 3.2:</b> Μεγέθη Data Matrix ορθογώνιου μοτίβου.....	<b>58</b>



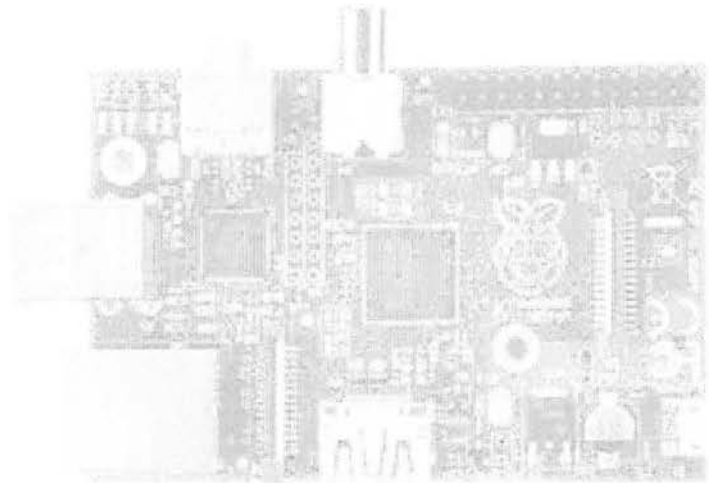
**ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ:**

**Rpi**      Raspberry pi

**QR**      Quick Response

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### RASPBERRY PI



Στο παρακάτω κεφάλαιο, θα αναφερθούμε στο υλικό κομμάτι της πτυχιακής εργασίας, και συγκεκριμένα στο υπολογιστικό σύστημα “Raspberry Pi”. Μετά από μια σύντομη ιστορική αναδρομή, θα αναλύσουμε τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες των δυο μοντέλων, θα αναφερθούμε συνοπτικά στα λειτουργικά συστήματα που υποστηρίζει, καθώς και στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτού. Τέλος, θα αναφέρουμε σε εφαρμογές που έχουν υλοποιηθεί με τη χρήση του Raspberry Pi.

## 1.1 Ιστορική αναδρομή

Κατά καιρούς έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για την μείωση του κόστους παραγωγής ενός υπολογιστή. Ο στόχος των προσπαθειών αυτών ήταν να δημιουργηθεί ένα σύστημα το οποίο να αποτελέσει εργαλείο μάθησης, εκπαίδευσης και πειραματισμού σε αναπτυσσόμενες και όχι μόνο χώρες. Ο κύριος εκφραστής της προσπάθειας αυτής ήταν το “One Laptop per Child” (OLPC), το οποίο ξεκίνησε να παράγεται από το 2007. Δυστυχώς όμως, ο λιτός σχεδιασμός του, η οικονομική σύνθεση του υλικού και η χρήση ανοιχτού λογισμικού, δεν κατάφεραν να ρίξουν την τιμή του κάτω από τα 200 δολάρια. Σίγουρα αποτελεί μία οικονομική πρόταση, αλλά παραμένει αρκετά ακριβή λύση για το 40% του πληθυσμού της γης που ζει με εισόδημα λιγότερο από 2 δολάρια την ημέρα. Οι υπόλοιπες προτάσεις που ακολούθησαν έριξαν το κόστος περίπου στα 70 δολάρια και ακόμα περισσότερο στα 49 δολάρια, όμως η επανάσταση ήρθε με το «βατόμουρο» το 2012.

## 1.2 Pi foundation Raspberry – Φιλανθρωπική οργάνωση

Το Pi foundation Raspberry είναι μια φιλανθρωπική οργάνωση που καταχωρήθηκε στην φιλανθρωπική επιτροπή Αγγλίας και Ουαλίας (Charity Commission for England and Wales). Το διοικητικό συμβούλιο υπήρχε από το 2008 και το Pi foundation καθιερώθηκε ως μια αναγνωρισμένη φιλανθρωπική οργάνωση το Μάιο του 2009 στον Ηνωμένο Βασίλειο. Το ίδρυμα υποστηρίζεται από το πανεπιστήμιο του Cambridge και της εταιρίας “Broadcom”. Στόχος του ιδρύματος είναι η προώθηση της μελέτης βασικών επιστημών των υπολογιστών στα σχολεία και γενικότερα στην εκπαίδευση και είναι υπεύθυνο για την ανάπτυξη του υπολογιστικού συστήματος που ονομάζεται Raspberry Pi.

Η αρχική ιδέα του Rpi ήταν να δημιουργηθεί ένα φτηνό υπολογιστικό σύστημα το οποίο θα προοριζόταν για εργαλείο εκμάθησης. Έτσι ο ιδρυτής και σχεδιαστής Eben Upton<sup>1</sup> συγκέντρωσε μια ομάδα καθηγητών πανεπιστημίου και λάτρεις των υπολογιστών μεταξύ των οποίων ήταν και οι Rob Mullins, Jack Lang και ο Alan Mycroft με σκοπό να δημιουργήσουν ένα υπολογιστικό σύστημα με έμπνευση τους τα παιδιά. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τον σχεδιασμό και την υλοποίηση του Rpi το οποίο

---

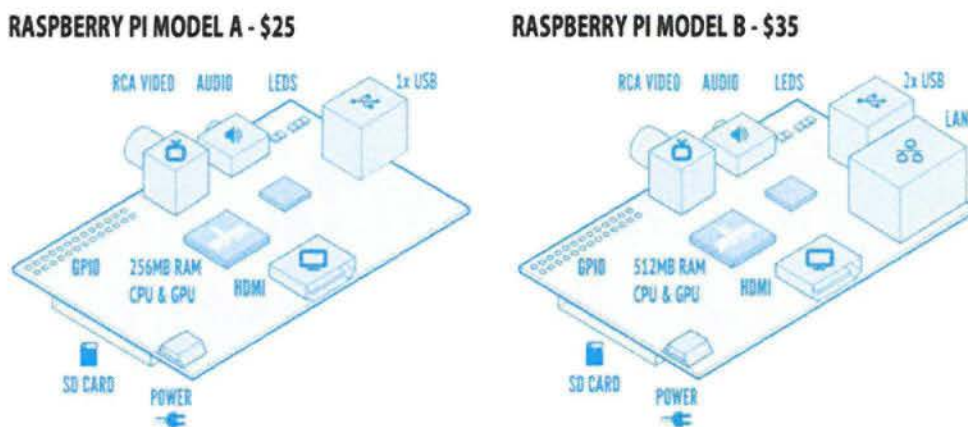
<sup>1</sup> Τεχνικός διευθυντής και ASIC αρχιτέκτονας της Broadcom. Ιδρυτής του Pi foundation Raspberry και εμπνευστής του Rpi.

Αποκωδικοποίηση Data Matrix για βιομηχανικές εφαρμογές

και 35\$ αντίστοιχα. Στις διαφορές των δύο μοντέλων θα αναφερθούμε αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

#### 1.4 Χαρακτηριστικά-Δυνατότητες

Όπως αναφέραμε παραπάνω, υπάρχουν δύο κύρια μοντέλα του Rpi. Το μοντέλο A και το μοντέλο B.



Εικόνα 1.2: Μοντέλα Raspberry pi

Τα δύο μοντέλα Rpi είναι εξοπλισμένα με την πλακέτα της Broadcom “BCM2835”, διαστάσεων 88,60mm x 53,98mm και ανερχόμενο συνολικό βάρος 45g. Ο επεξεργαστής ανήκει στην οικογένεια ARM11 και συγκεκριμένα είναι ο “ARM1176JZ-Score” με συχνότητα 700MHz. Η κάρτα γραφικών που χρησιμοποιείται είναι η “Video Core IV” της Broadcom με συχνότητα 250MHz. Επιπλέον, παρέχει OpenGL ES2.0 και 1080p30 H.264 high-profile αποκωδικοποιητή. Ως προς την μνήμη τα δύο μοντέλα διαφέρουν, καθώς το μοντέλο A είναι εξοπλισμένο με SDRAM 256MB ενώ το μοντέλο B με SDRAM 512MB. Από πλευράς θυρών εισόδου/εξόδου, και τα δύο μοντέλα διαθέτουν, μια θύρα υποδοχής HDMI και μια RCA για σύνδεση οθόνης και μια 3.5mm jack audio output για θύρα εξόδου ήχου. Επιπλέον, διαθέτουν μια υποδοχή κάρτας μνήμης (SD CARD) στην κάτω πλευρά της πλακέτας, η οποία χρησιμοποιείται για να φορτωθεί το λειτουργικό σύστημα. Ακόμη, διαθέτουν δυο υποδοχές καλωδιωτικής, μια Display DSI και μια Camera CSI. Ο χρήστης μπορεί να ενημερωθεί για τις διάφορες καταστάσεις τις πλακέτας μέσω πέντε Led τα οποία βρίσκονται στο πάνω μέρος της πλακέτας. Τα Led είναι τα εξής ACT, PWR, FDX, LNK, 100. Το ACT μας

	<b>Μοντέλο A</b>	<b>Μοντέλο B</b>
<b>Τιμή</b>	25\$	35\$
<b>SoC</b>	Broadcom BCM2835 (CPU, GPU, DSP, SDRAM, and USB port)	
<b>Επεξεργαστής (CPU)</b>	700MHz ARM1176JZ-Score (ARM11family)	
<b>Κάρτα Γραφικών (GPU)</b>	Broadcom Video Core IV, OpenGL ES2.0,MPEG-2 and VC-1(with license), 1080p30h.264/ MPEG-4 AVC high-profile decoder and encoder	
<b>Μνήμη (SDRAM)</b>	256MB(shared GPU)	512MB(shared GPU)
<b>Θύρες USB</b>	1(direct from BCM2835 chip)	2 (via integrated USB hub)
<b>Είσοδος Βίντεο</b>	A CSI input connector allows for the connection of a RPF designed camera module	
<b>Έξοδος Βίντεο</b>	Composite RCA(PAL and NTSC), HDMI(rev 1.3 & 1.4), raw LCD Panels via DSI	
<b>Έξοδος Ήχου</b>	3.5mm jack, HDMI	
<b>Μνήμη πλακέτας</b>	SD /MMC/SDIO card slot	
<b>Θύρα Δικτύου (LAN)</b>	10/100 Ethernet (RJ45) via USB hub	
<b>Χαμηλό επίπεδο περιφερειακών</b>	8 x GPIO, UART, I <sup>2</sup> C bus, SPI bus with two chip selects, +3.3V, +5V,ground	
<b>Αξιολογήσεις Ισχύς</b>	300mA (1.5W)	700mA (3.5W)
<b>Πηγή Ισχύς</b>	5V via Micro USB or GPIO header	
<b>Μέγεθος</b>	85.60mm x 53.98mm (3.370in x 2.125in)	
<b>Βάρος</b>	45g (1.6oz)	
<b>Λειτουργικό Σύστημα</b>	Debian GNU/Linux, Fedora, Arch Linux ARM, RISC OS	

Πίνακας 1.1 Χαρακτηριστικά Rpi

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα και τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται σε αυτόν, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα δύο μοντέλα είναι σχεδόν ίδια μεταξύ τους, με τις μόνες διαφορές να βρίσκονται στην τιμή (Model A 25\$ / Model B 35\$), μνήμη (Model A 256MB / Model B 512MB ), στις θύρες USB (Model A 1 USB / Model B 2 USB), στην θύρα δικτύου (Model A χωρίς θύρα δικτύου / Model B με θύρα δικτύου) και στις γενικές αξιολογήσεις ισχύος [ Model A -300mA (1.5W) / Model B- 700mA (3.5W) ].

Τέλος αξίζει να αναφερθεί πως με την οικονομική διαφορά των δυο μοντέλων να είναι αμελητέα (10\$) συμφέρει κάποιος να αγοράσει το μοντέλο B καθώς έτσι θα έχει κερδίσει καλύτερες επιδόσεις σε σχέση με τις δυο πλακέτες.

- **Risc OS**



Ένα όμορφο retro γραφικό περιβάλλον με ανάλυση 1080p ειδικά κατασκευασμένο για ARM επεξεργαστές. Η ομάδα που δημιούργησε αυτό το λειτουργικό ήταν η ίδια που κατασκεύασε το πρώτο ARM επεξεργαστή. Το λειτουργικό αυτό είναι πολύ διαδεδομένο στην Αγγλία καθώς πρωταγωνιστούσε σε όλα τα σχολεία της χώρας την δεκαετία του '90.

- **Plan 9**



Το λειτουργικό σύστημα Plan 9 από την Bell Labs αποτελεί μια διανομή ανοιχτού κώδικα Unix με πρωτόγονο γραφικό περιβάλλον που απευθύνεται σε έμπειρους χρήστες Unix λογισμικών. Έχει δημιουργηθεί από την ίδια ομάδα που δημιούργησε το αυθεντικό Unix.

## 1.6 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα Raspberry Pi

Μερικά από τα πλεονεκτήματα του Rpi είναι τα εξής:

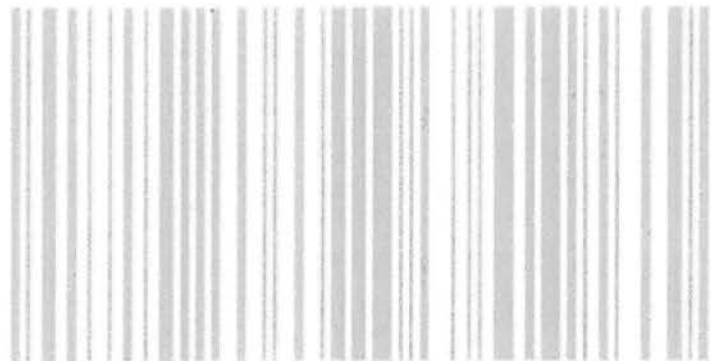
- Μικρό κόστος
- Μέγεθος αντίστοιχο μιας πιστωτικής κάρτας
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Ευκολία στην χρήση
- Αναπαραγωγή HD Video
- Δυνατότητα μετατροπής συχνότητας επεξεργαστή (Over clocking)
- Επέκταση λειτουργιών της πλακέτας μέσω από μια σειρά ακίδων

Στα μειονεκτήματα μπορούμε να συμπεριλάβουμε:

- Μη επεκτάσιμη μνήμη Ram
- Αργή υπολογιστική ισχύς του επεξεργαστή
- Μη λειτουργία των ενεργοβόρων συσκευών μέσω USB
- Έλλειψη ασυμβατότητας γνωστών Λειτουργικών συστημάτων (π.χ. Windows, Linux)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### BARCODE



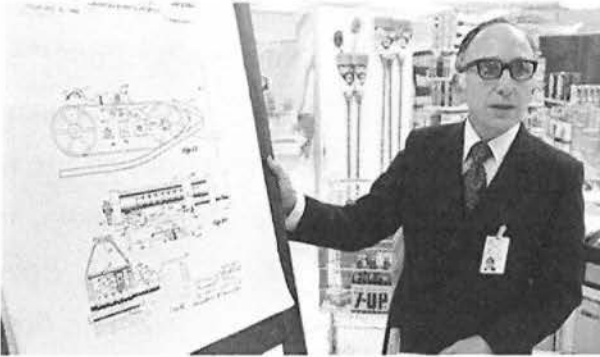
Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναλύσουμε γενικές πληροφορίες των γραμμικών κωδίκων (Barcodes) και πως εξελίχθηκαν με την πάροδο του χρόνου. Θα αναφερθούμε σε ορισμένους τύπους Barcode, στα χαρακτηριστικά και στην εφαρμογή τους στην καθημερινότητα, και θα αναλύσουμε συνοπτικά μερικούς από αυτούς. Τέλος, θα συνοψίσουμε τα οφέλη και τους περιορισμούς από την χρήση αυτών.

## 2.1 Ο γραμμικός κώδικας (Barcode)

Ο γραμμικός κώδικας είναι ένας τρόπος απεικόνισης μιας πληροφορίας σε μορφή κατανοητή από μηχανές. Με άλλα λόγια είναι ένα είδος αλφαβήτου, που απεικονίζει μια πληροφορία με συνδυασμούς από γραμμές διαφορετικού πλάτους και είδους («σκοτεινές» και «φωτεινές») όπου διαβάζεται από ειδικά μηχανήματα ανάγνωσης (scanners).

## 2.2 Ιστορική αναδρομή

Το 1948 ο Bernard Silver, ένας μεταπτυχιακός φοιτητής στο Drexel Institute of Technology στη Φιλαδέλφεια, πληροφορήθηκε ότι ο πρόεδρος της τοπικής τροφικής αλυσίδας Food Fair, ζητούσε από τους κοσμητόρες την έρευνα ενός συστήματος για την αυτόματη ανάγνωση πληροφορίας από ένα προϊόν κατά τη διάρκεια του ελέγχου. Ο Silver ενημέρωσε τον φίλο του Norman Joseph Woodland σχετικά με το



Εικόνα 2.1: Joseph Woodland at IBM

αίτημα του προέδρου της Food Fair και άρχισαν να εργάζονται σε μια ποικιλία συστημάτων. Το πρώτο τους λειτουργικό σύστημα χρησιμοποιούσε υπεριώδες μελάνι, αλλά μειονεκτούσε στο γεγονός ότι το μελάνι ξεθώριαζε

πολύ εύκολα και ήταν ακριβό.

Πεπεισμένος ότι το σύστημα ήταν λειτουργικό με περαιτέρω ανάπτυξη, ο Woodland εγκατέλειψε το Drexel, μετακόμισε στο διαμέρισμα του πατέρα του στη Φλόριντα, και συνέχισε να δουλεύει το σύστημα. Η επόμενη έμπνευσή του προήλθε από το κώδικα Μορς και έτσι δημιούργησε το πρώτο του barcode από άμμο στην παραλία. «*Επέκτεινα απλά τις τελείες και τις παύλες προς τα κάτω και δημιούργησα στενές και φαρδιές γραμμές από αυτές*». Αργότερα διαπίστωσε ότι το σύστημα θα λειτουργούσε καλύτερα εάν είχε εκτυπωθεί ως κύκλος αντί μιας γραμμής, επιτρέποντας να σαρωθεί ως προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

Στις 20 Οκτώβριου του 1949 οι Woodland και Silver καταθέσαν αίτηση διπλώματος ευρεσιτεχνίας "Classifying Apparatus and Method", στο οποίο περιγράφονται τόσο το γραμμικό όσο και το Bullseye πρότυπα εκτύπωσης, καθώς και



Τον Ιούνιο του 1974, ο πρώτος UPC σαρωτής (UPC scanner) εγκαταστάθηκε στο σουπερμάρκετ Marsh στο Οχάιο. Συγκεκριμένα στις 26 Ιουνίου το 1974, το πρώτο προϊόν με barcode που πέρασε από αυτό τον σαρωτή ήταν ένα πακέτο με τσίχλες της εταιρίας Wrigley. Το πακέτο αυτό δεν ήταν προγραμματισμένο να είναι το πρώτο προϊόν που θα είχε σαρωθεί, απλά έτυχε καθώς ήταν το πρώτο αντικείμενο που έβγαλε ο υπάλληλος από το καλάθι του πελάτη. Σήμερα πλέον το πακέτο αυτό εκτίθεται στο Εθνικό Μουσείο του Smithsonian Institution της Αμερικάνικης ιστορίας.

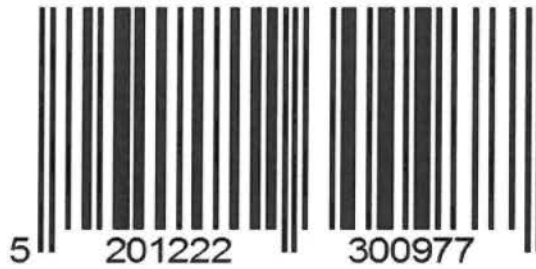
Στην πραγματικότητα, το γεγονός που καθιέρωσε το barcode στην βιομηχανία συνέβη τη 1<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου το 1981, όταν το υπουργείο άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής χρησιμοποίησε τον γραμμικό κώδικα Code 39 για να μαρκάρει όλα τα προϊόντα που πουλήθηκαν στον Αμερικάνικο στρατό.

Πλέον στις μέρες μας τα barcodes τα συναντάμε σε όλα τα προϊόντα και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας μας. Είναι ένα σύγχρονο εργαλείο για την ακριβή και γρήγορη εισαγωγή δεδομένων σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Έχουν αντικαταστήσει την παραδοσιακή πληκτρολόγηση η οποία πολλές φορές οδηγούσε σε λάθη και καθυστερήσεις. Χαρακτηριστικά έχει παρατηρηθεί ότι η πιθανότητα λάθους πληκτρολόγησης είναι 1 προς 300, ενώ η πιθανότητα λάθους ανάγνωσης ενός σωστά εκτυπωμένου barcode είναι 1 προς 3.000.000. Αποτελούν κλάδο του γενικότερου τομέα τεχνολογιών αυτόματης συλλογής δεδομένων. Έτσι με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η ομαλή διακίνηση και διαχείριση προϊόντων παγκόσμιος.



- **Γραμμικός κώδικας EAN-13**

Ο EAN είναι ένας μηχαναγνώσιμος ραβδοκώδικας ο οποίος αποτελεί ένα υπερσύνολο του αρχικού 12ψήφιου συστήματος καθολικής κωδικοποίησης προϊόντος (UPC) που έχει αναπτυχθεί στην βόρεια Αμερική . Ο EAN-13 καθορίζεται από τον Οργανισμό προτύπων GS1. Οι κώδικες UPC, EAN και IAN καλούνται συλλογικά παγκόσμιοι κώδικες εμπορικών αγαθών<sup>8</sup>. Είναι ένας από τους πιο διαδεδομένους γραμμικούς κώδικες καθώς χρησιμοποιείται παγκοσμίως ως μέσο σήμανσης προϊόντων λιανικής πώλησης.



Εικόνα 2.3: Γραμμικός κώδικας EAN-13

Ο γραμμικός κώδικας EAN-13 αποτελείται από 13 ψηφία. Κάθε γραμμικός κώδικας EAN χωρίζεται σε 4 μέρη τα οποία μέρη αυτά μας δίνουν πληροφορίες για το προϊόν στο οποίο ανήκει. Τα 4 μέρη χωρίζονται ως εξής

1. Μέρος 1ο: Η ταυτότητα της χώρας
2. Μέρος 2ο: Η ταυτότητα του κατασκευαστή
3. Μέρος 3ο: Η ταυτότητα του προϊόντος
4. Μέρος 4ο: Το ψηφίο ελέγχου



Εικόνα 2. 3: Ανάλυση γραμμικού κώδικα EAN-13

<sup>8</sup>Global Trade Item Numbers, GTIN

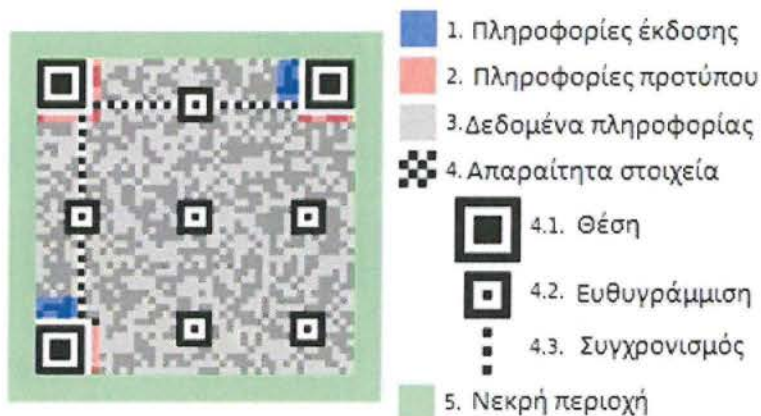
- **Κώδικας QR**

Στην Ιαπωνία η χρήση των μονοδιάστατων barcode ήταν και είναι πολύ δημοφιλής, όμως η πληροφορία που μπορεί να αποθηκεύσει ένας μονοδιάστατος ραβδοκώδικας κάποια στιγμή δεν ήταν αρκετή, οπότε άρχισαν να ερευνούν την δυνατότητα κωδικοποίησης πληροφορίας σε σχήματα δύο διαστάσεων. Το αποτέλεσμα αυτής της έρευνας από την εταιρία Denso-Wave ήταν ο κώδικας QR. Τα δεδομένα που εμπεριέχονται στο QR μπορούν να αποκωδικοποιηθούν με μεγάλη ταχύτητα. Πλέον ο QR κώδικας είναι ένας από τους πιο διαδεδομένους γραμμικούς κώδικες δύο διαστάσεων σε όλο τον κόσμο καθώς η αποκωδικοποίηση του μπορεί να γίνει με την χρήση μιας απλής εφαρμογής, μέσω ενός έξυπνου κινητού (Smart Phone). Το κείμενο το οποίο κωδικοποιείται μέσα στο QR μπορεί να περιλαμβάνει μέχρι και διευθύνσεις ιστοσελίδων.



Εικόνα 2.7: Κώδικας QR με κωδικοποιημένο κείμενο: ΤΕΙ Πειραιά

Στην εικόνα 2.8 μπορούμε να δούμε τον τρόπο με τον οποίο δημιουργείτε ένας κώδικας QR και πώς κατανέμονται οι κωδικοποιημένες πληροφορίες μέσα σε αυτό.



Εικόνα 2.8: Περιοχές ενός QR κώδικα

## 2.6 `Οφέλη χρήσης – Περιορισμοί των Barcode

Τα οφέλη από την εφαρμογή του συστήματος κωδικοποίησης barcode μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

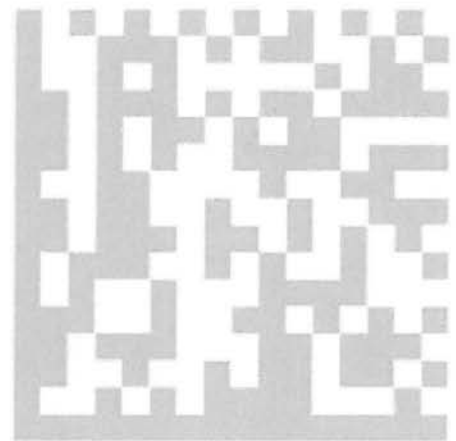
- δίνεται η δυνατότητα σε κάθε προϊόν και σε κάθε διαφοροποίησή του, άσχετα από τον τόπο προέλευσης και προορισμού, να αναγνωρισθεί μέσω ενός διεθνούς μοναδικού κωδικού. Η διεθνής μοναδικότητα υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει περίπτωση να υπάρξουν δύο προϊόντα με τον ίδιο κωδικό μέσα στα συστήματα Η/Υ των εμπορικών συνεργατών.
- οι κωδικοί barcode χαρακτηρίζονται από ασφάλεια, απλότητα, διεθνή μοναδικότητα και δομή που δεν περιέχει ουδεμία πληροφορία και είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος για την ασφαλή και αδιαμφισβήτητη αναγνώριση των προϊόντων σε μία συγκεκριμένη μορφή συσκευασίας.
- η ενημέρωση των πληροφοριών στη βάση δεδομένων είναι ευκολότερη και οικονομικότερη από την αλλαγή της δομής του κωδικού όταν χρειαστεί να ενσωματωθούν νέα στοιχεία.

Αντίθετα οι κύριοι περιορισμοί της χρήσης barcode, είναι οι παρακάτω:

- η μη αναγνωσιμότητα από τον άνθρωπο.
- ο περιορισμένος όγκος κωδικοποιημένων πληροφοριών που μπορούν να ενταχθούν σε αυτά.
- η ευπάθεια σε αλλοιώσεις κατά τη λειτουργία σε δυσμενές περιβάλλον.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### DATA MATRIX



Στο παρακάτω κεφάλαιο θα αναλύσουμε τους γραμμικούς κώδικες δυο διαστάσεων και συγκεκριμένα τον Data Matrix. Θα αναφερθούμε συνοπτικά στην ιστορική τους αναδρομή, καθώς και στα πρότυπα που ορίζονται για την σωστή τους χρήση. Στη συνέχεια, θα αναλύσουμε τις περιοχές αναγνώρισης ενός Data Matrix, τη μέθοδο κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης της πληροφορίας, καθώς και το πώς μεταβάλλεται η μορφή του ανάλογα με το μέγεθος της πληροφορίας που εμπεριέχει. Θα επισημάνουμε τα οφέλη της χρήσης των κωδίκων Data Matrix σε σχέση με τους μονοδιάστατους κώδικες, και τέλος την εφαρμογή τους στην φαρμακοβιομηχανία.

### 3.1 Γραμμικός κώδικας δυο διαστάσεων Data Matrix

Ένας κώδικας Data Matrix είναι ένα δισδιάστατο πλέγμα Barcode που αποτελείται από μαύρες και άσπρες περιοχές διατεταγμένες είτε σε τετράγωνο είτε σε ορθογώνιο μοτίβο. Η πληροφορία που μπορεί να κωδικοποιηθεί μπορεί να είναι κείμενο ή αριθμητικά δεδομένα. Το συνηθισμένο μέγεθος των δεδομένων είναι από μερικά bits έως και 1556 bits. Ένα Data Matrix μπορεί να αποθηκεύσει έως και 2335 αλφαριθμητικούς χαρακτήρες ή 3115 αριθμούς.



Εικόνα 3.1: Τετράγωνο και ορθογώνιο Data Matrix

### 3.2 Ιστορική αναδρομή δυσδιάστατων γραμμικών κωδίκων

Καθώς η χρήση των γραμμικών κωδίκων στην καθημερινή ζωή αυξήθηκε, αναπτύχθηκε η ανάγκη για δημιουργία κωδίκων με μεγαλύτερη χωρητικότητα πληροφοριών. Η πρώτη απόπειρα για κατασκευή ενός barcode με μεγαλύτερη χωρητικότητα πραγματοποιήθηκε το 1984 από την AIAG<sup>10</sup> όταν αναπτύχθηκαν οι “compact codes” («συμπαγείς κώδικες») που αποτελούνταν ουσιαστικά από 4 γραμμικούς κώδικες τοποθετημένοι ο ένας πάνω στον άλλον. Ο τύπος κώδικα που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο “Code 39” και ο καθένας από αυτούς περιείχε μια διαφορετική πληροφορία. Μια άλλη προσπάθεια δημιουργίας ενός δισδιάστατου γραμμικού κώδικα έγινε από τον David Allais της Intermec Corporation το 1988 με την ανάπτυξη του κώδικα “Code 49”. Ένα χρόνο αργότερα, το 1989, ο Ted Williams δημιούργησε τον κώδικα “Code 16K” ο οποίος ήταν παρόμοιος με τον “Code 49” με την διαφορά ότι ήταν αποτελεσματικότερος και είχε την δυνατότητα να εμπεριέχει περισσότερη πληροφορία δεδομένων. Οι δυο αυτοί κώδικες σε σχέση με τους προγενέστερους γραμμικούς κώδικες μιας διάστασης, μπορούν να εμπεριέχουν

<sup>10</sup>Automotive Industry Action Group

Η ικανότητα του Data Matrix να περιλαμβάνει μεγάλη πληροφορία σε πολύ μικρή περιοχή δεδομένων (50 χαρακτήρες σε 2 ή 3 mm<sup>2</sup>) και να διαβάζεται με λόγο αντίθεσης μόλις 20%, το καθιέρωσε στο «μαρκάρισμα» πολύ μικρών σε όγκο αντικειμένων. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της αποδοχής του Data Matrix είναι πως ο όμιλος ηλεκτρονικής βιομηχανίας των Ηνωμένων Πολιτειών προτείνει τη χρήση του για σήμανση των μικρών ηλεκτρονικών εξαρτημάτων.

### 3.3 Πρότυπα Data Matrix

Τα Data matrix καλύπτονται σήμερα από διάφορα πρότυπα ISO/IEC και είναι ελεύθερα να χρησιμοποιηθούν χωρίς να χρειάζεται χορηγήσει άδειας ή δικαιωμάτων. Τα πρότυπα αυτά είναι τα εξής:

- ISO/IEC 16022:2006 – Data Matrix barcode symbology specification
- ISO/IEC 15415 – 2D Print Quality Standard
- ISO/IEC 15418:2009 – Symbol Data Format Semantics (GS1 Application Identifiers and ASC MH10 Data Identifiers and maintenance)
- ISO/IEC 15424:2008 - Data Carrier Identifiers ( including Symbology Identifiers)
- ISO/IEC 15434:2006 – Syntax for high - capacity ADC media (format of data transferred from scanner to software, etc.)
- ISO/IEC 15459 – Unique Identifiers

### 3.4 Περιοχές αναγνώρισης Data Matrix

Η βασική δομή ενός γραμμικού κώδικα δυο διαστάσεων Data Matrix αποτελείται από τα εξής στοιχεία:

- Στοιχείο - Κελί (Element - Cell)
- Πρότυπο Εντοπισμού (Finder Pattern)
- Πρότυπο Συγχρονισμού (Timing Pattern)
- Περιοχή Δεδομένων (Data Area)
- Νεκρή Ζώνη (Quiet Zone)





Εικόνα 3.5: Πρότυπο συγχρονισμού

### Περιοχή Δεδομένων

Η περιοχή δεδομένων περιλαμβάνεται μεταξύ των προτύπων εντοπισμού και συγχρονισμού. Με την συγκεκριμένη θέση λευκών και μαύρων κελιών η επιθυμητή πληροφορία κωδικοποιείται μαζί με το κώδικα διόρθωσης δεδομένων.



Εικόνα 3.6: Περιοχή δεδομένων

### Νεκρή ζώνη

Η νεκρή ζώνη είναι μια περιοχή γύρω από τον κώδικα Data Matrix η οποία δεν περιλαμβάνει καμία πληροφορία. Η νεκρή περιοχή ξεχωρίζει τον Data Matrix κώδικα από το εξωτερικό περιβάλλον και θα πρέπει να είναι τουλάχιστον μια μονάδα πλάτους.

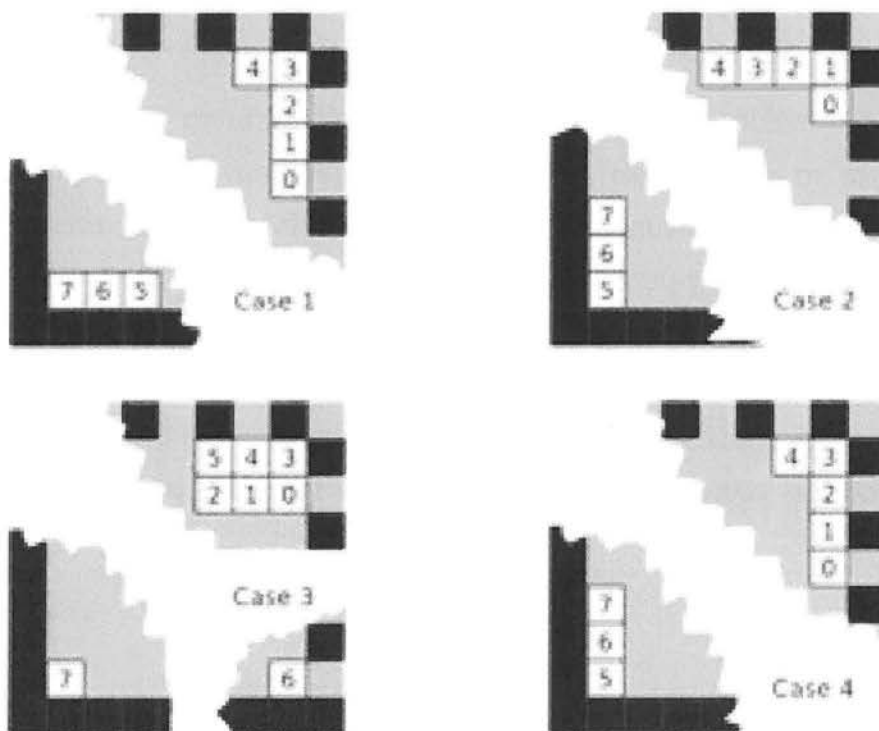


Εικόνα 3.7: Νεκρή ζώνη

Σε κάθε περιοχή όπου αντιστοιχεί το λογικό «1» μετατρέπεται σε μαύρη ενώ η κάθε περιοχή που παίρνει λογικό «0» παραμένει λευκή. Έτσι καταλήγουμε σε ένα πλέγμα που έχει την παρακάτω μορφή.



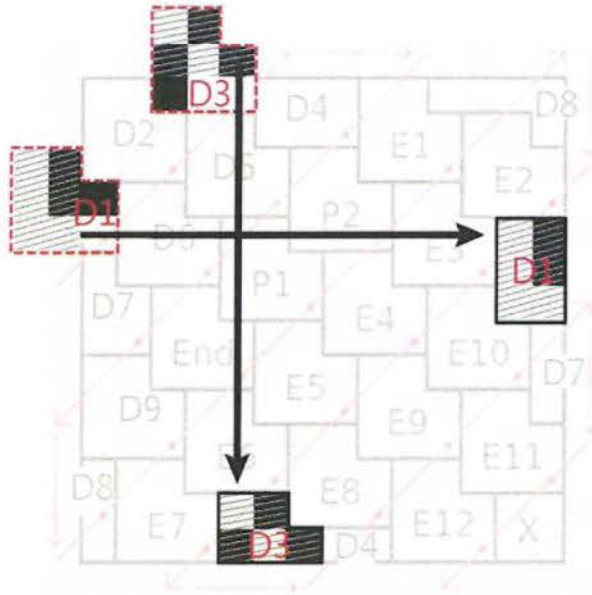
Το κάτω αριστερά γωνιακό πλέγμα ενός data matrix μπορεί να έχει διαφορετικό σχήμα σε ορισμένες περιπτώσεις. Το σχήμα αυτό χωρίζεται και ένα μέρος του πλέγματος παραμένει στη κάτω αριστερά γωνία ενώ το υπόλοιπο στην πάνω δεξιά. Υπάρχουν 4 διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους θα μπορούσε να χωριστεί το συγκεκριμένο πλέγμα και έχουν τις εξής μορφές:



Εικόνα 3.9: Περιπτώσεις χωρισμού του γωνιακού πλέγματος

Αποκωδικοποίηση Data Matrix για βιομηχανικές εφαρμογές

Το πλέγμα των δυαδικών αριθμών των ακριανών χαρακτήρων το οποίο προεξέχει από το αριστερό και πάνω άκρο τοποθετείται στην αντικριστή πλευρά όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 3.11: Ακριανά πλέγματα

Παρακάτω θα δούμε αναλυτικά ένα παράδειγμα κωδικοποίησης Data Matrix της λέξης «Raspberry» σύμφωνα με την μέθοδο που αναλύσαμε παραπάνω.

$$R \rightarrow 82(\text{ASCII}) + 1 = 83 \rightarrow 01010011_2$$

0	1	
0	1	0
0	1	1

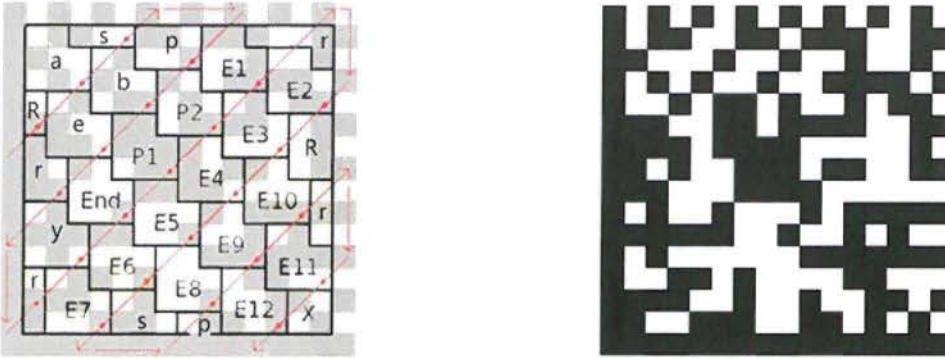
 $\Rightarrow$

$$a \rightarrow 97(\text{ASCII}) + 1 = 98 \rightarrow 01100010_2$$

0	1	
1	0	0
0	1	0

 $\Rightarrow$

Συνθέτοντας τα παραπάνω πλέγματα δημιουργείται ο κώδικας Data Matrix.

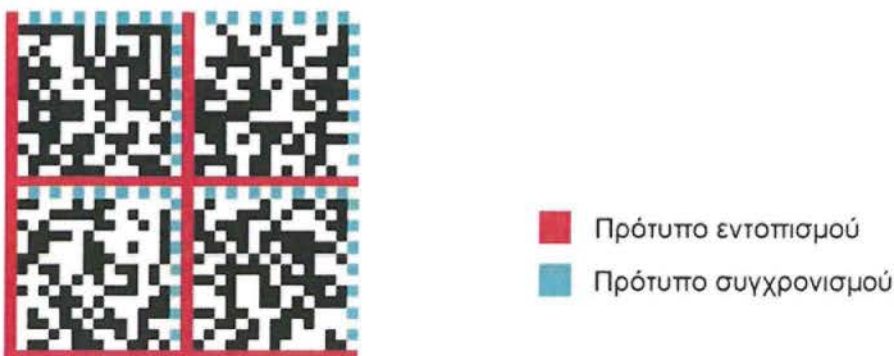


Εικόνα 3.12: Raspberry Data Matrix κώδικας

Για να αποκωδικοποιηθεί ο κώδικας Data Matrix οι αποκωδικοποιητές ακολουθούν την ανάποδη διαδικασία διαβάζοντας της μαύρες και άσπρες περιοχές μετατρέποντας αυτές αρχικά στο δυαδικό, εν συνεχεία στο δεκαεξαδικό και τέλος στον ASCII βρίσκοντας κάθε φορά έτσι τον αντίστοιχο χαρακτήρα. Έτσι, συνθέτοντας όλους τους χαρακτήρες καταλήγουμε στο κωδικοποιημένο μήνυμα.

### 3.6 Μέγεθος – Μορφή Data Matrix

Ανάλογα με το μέγεθος της πληροφορίας που θέλουμε να κωδικοποιήσουμε, ο αριθμός των γραμμών και των στηλών ενός Data Matrix μεταβάλλεται καθώς και το σχήμα του. Όσο προστίθεται πληροφορία σε ένα Data Matrix το συνολικό πλέγμα διασπάται σε άλλα μικρότερα. Στο σχήμα Data Matrix που αναλύσαμε παραπάνω μπορούν να κωδικοποιηθούν μέχρι 63 αλφαριθμητικοί χαρακτήρες ή 88 αριθμητικοί. Σε περίπτωση που η κωδικοποιημένη πληροφορία φτάνει μέχρι και τους 303 αλφαριθμητικούς χαρακτήρες ή 407 αριθμητικούς τότε το Data Matrix παίρνει την εξής μορφή.



Εικόνα 3.13: Μέγεθος Data Matrix έως 303 αλφαριθμητικούς χαρακτήρες ή 407 αριθμητικούς

Αποκωδικοποίηση Data Matrix για βιομηχανικές εφαρμογές

Στους παρακάτω πίνακες μπορούμε να δούμε αναλυτικά πόσα στοιχεία μπορεί να δεχτεί ένα Data Matrix σε τετράγωνο καθώς και σε ορθογώνιο μοτίβο ανάλογα με το μέγεθος του.

Μέγεθος Data Matrix		Περιοχή δεδομένων		Συνολική περιοχή δοδομένων	Σύνολο κωδικοποιημένων λέξεων		Μέγιστη χωρητικότητα δεδομένων		Ποσοστό κωδικοποιημένων λέξεων που χρησιμοποιούνται για διόρθωση σφαλμάτων (%)
Γραμμές	Στήλες	Μέγεθος	Πλάτος		Data	Επορ	Αριθμοί Max.	Αλφριθμητικοί χαρακτήρες Max.	
10	10	8x8	1	8x8	3	5	6	3	62.5
12	12	10x10	1	10x10	5	7	10	6	58.3
14	14	12x12	1	12x12	8	10	16	10	55.6
16	16	14x14	1	14x14	12	12	24	16	50
18	18	16x16	1	16x16	18	14	36	25	43.8
20	20	18x18	1	18x18	22	18	44	31	45
22	22	20x20	1	20x20	30	20	60	43	40
24	24	22x22	1	22x22	36	24	72	52	40
26	26	24x24	1	24x24	44	28	88	64	38.9
32	32	14x14	4	28x28	62	36	124	91	36.7
36	36	16x16	4	32x32	96	42	172	127	32.8
40	40	18x18	4	36x36	114	48	228	169	29.6
44	44	20x20	4	40x40	144	56	288	214	28
48	48	22x22	4	44x44	174	68	348	259	28.1
52	52	24x24	4	48x48	204	84	408	304	29.2
64	64	14x14	16	56x56	280	112	560	418	28.6
72	72	16x16	16	64x64	368	144	736	550	28.1
80	80	18x18	16	72x72	456	192	912	682	29.6
88	88	20x20	16	80x80	576	224	1152	862	28
96	96	22x22	16	88x88	696	272	1392	1042	28.1
104	104	24x24	16	96x96	816	336	1632	1222	29.2
120	120	18x18	36	108x108	1050	408	2100	1573	28
132	132	20x20	36	120x120	1304	496	2608	1954	27.6
144	144	22x22	36	132x132	1558	620	3116	2335	28.5

Πίνακας 3.1: Μεγέθη Data Matrix τετράγωνου μοτίβου

- Προσφέρουν μεγάλες ταχύτητες στην κωδικοποίηση και στην αποκωδικοποίηση.
- Μπορούν να διαβαστούν ακόμη και σε πλήρη περιστροφή 360° χρησιμοποιώντας την 2D CCD τεχνολογία.

### 3.8 Εφαρμογή στην φαρμακοβιομηχανία

Με στόχο την αντιμετώπιση της ολοένα αυξανόμενης διακίνησης πλαστών φαρμάκων, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει μια νομοθετική βάση που επιτρέπει την εισαγωγή βελτιωμένων χαρακτηριστικών ασφαλείας και συστημάτων παρακολούθησης της συσκευασίας των φαρμάκων, ώστε να εξακριβώνεται η γνησιότητα και η ταυτοποίηση κάθε μεμονωμένου κουτιού.

Στο πλαίσιο αυτό, χώρες όπως η Γαλλία και η Τουρκία έχουν ήδη θεσπίσει κανονισμούς που απαιτούν από τις φαρμακοβιομηχανίες να σημαίνουν τα παραγόμενα και διακινούμενα προϊόντα με ένα δισδιάστατο κωδικό (2D Data Matrix barcode), ενώ άλλες χώρες – μεταξύ αυτών και η Ελλάδα – πρόκειται να ακολουθήσουν τα επόμενα χρόνια. Όλοι οι κωδικοί Data Matrix αποθηκεύονται σε μια κεντρική βάση δεδομένων, επιτρέποντας τον έλεγχο της αυθεντικότητας του φαρμάκου στα σημεία πώλησης. Με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται έτσι η ιχνηλασιμότητα των φαρμάκων σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα, με ιδιαίτερα χαμηλό κόστος εκτύπωσης. Στις περισσότερες εφαρμογές στη φαρμακοβιομηχανία, ο κωδικός Data Matrix περιλαμβάνει ένα μοναδικό σειριακό αριθμό (Serial Number), τον αριθμό παρτίδας (Lot/Batch Number) και την ημερομηνία λήξης του φαρμάκου (Exp.).



Εικόνα 3.16 Παράδειγμα χρήσης Data Matrix σε συσκευασία φαρμάκων

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### DATA MATRIX DECODER



Στο παρών κεφάλαιο θα αναφερθούμε στην εφαρμογή της πτυχιακής εργασίας η οποία ονομάζεται Data Matrix decoder (αποκωδικοποιητής γραμμικών συστημάτων δυο διαστάσεων Data Matrix). Θα αναφερθούμε στα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της, και θα αναλύσουμε το γραφικό περιβάλλον και την λειτουργία της εφαρμογής.

## 4.1 Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής

Στην ενότητα αυτή θα αναφερθούν συνοπτικά τα κύρια εργαλεία προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής, τα οποία είναι, η γλώσσα προγραμματισμού Java, η πλατφόρμα ανάπτυξης της εφαρμογής Eclipse, η βάση δεδομένων MySQL, καθώς και διάφορες βιβλιοθήκες.

### 4.1.1 Java

Η Java είναι μια αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού που σχεδιάστηκε από την εταιρεία πληροφορικής Sun Micro systems. Στις αρχές του 1991, η Sun αναζητούσε το κατάλληλο εργαλείο για να αποτελέσει την πλατφόρμα ανάπτυξης λογισμικού σε μικροσυσκευές (έξυπνες οικιακές συσκευές έως πολύπλοκα συστήματα παραγωγής γραφικών). Τα εργαλεία της εποχής ήταν γλώσσες όπως η C++ και η C. Μετά από διάφορους πειραματισμούς προέκυψε το συμπέρασμα ότι οι υπάρχουσες γλώσσες δεν μπορούσαν να καλύψουν τις ανάγκες τους. Ο «πατέρας» της Java, James Gosling, που εργαζόταν εκείνη την εποχή για την Sun, έκανε ήδη πειραματισμούς πάνω στη C++ και είχε παρουσιάσει κατά καιρούς κάποιες πειραματικές γλώσσες (C++ ++ ) ως πρότυπα για το νέο εργαλείο που αναζητούσαν στην Sun. Τελικά μετά από λίγο καιρό κατέληξαν με μια πρόταση για το επιτελείο της εταιρίας, η οποία ήταν η γλώσσα Oak. Το όνομά της το πήρε από το ομώνυμο δένδρο (βελανιδιά) το οποίο ο Gosling είχε έξω από το γραφείο του και έβλεπε κάθε μέρα.

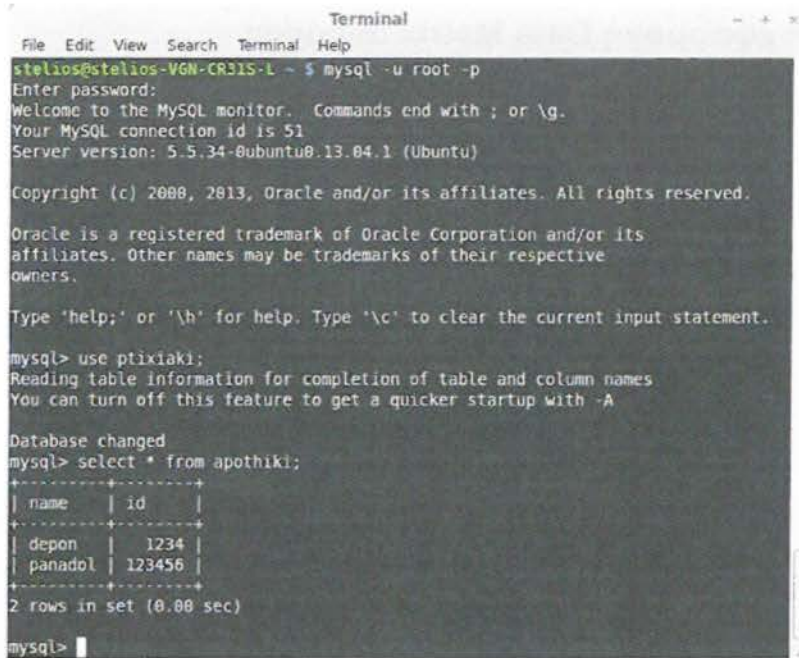
### 4.1.2 Πλατφόρμα προγραμματισμού Eclipse

Η πλατφόρμα προγραμματισμού Eclipse είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών (IDE<sup>11</sup>) και αποτελεί ένα από τα πιο δημοφιλή εργαλεία για προγραμματιστές παγκοσμίως. Το Eclipse ξεκίνησε ως ένα ανοιχτού κώδικα εργαλείο από την IBM το οποίο όμως απέκτησε πραγματικούς οπαδούς μετά την δημιουργία του Eclipse Foundation το 2004. Περιέχει ένα σταθερό workspace το οποίο μπορεί να διαμορφωθεί σύμφωνα με τις ανάγκες της εφαρμογής μέσω διάφορων επεκτάσεων που δέχεται. Το Eclipse χρησιμοποιείται κυρίως για την ανάπτυξη εφαρμογών σε Java. Παρόλα αυτά, με τη βοήθεια επεκτάσεων του προγράμματος μπορούμε να αναπτύξουμε εφαρμογές και σε άλλες γλώσσες

---

<sup>11</sup> Integrated Development Environment





```
Terminal
File Edit View Search Terminal Help
steliios@steliios-VGN-CR31S-L ~ $ mysql -u root -p
Enter password:
Welcome to the MySQL monitor.  Commands end with ; or \g.
Your MySQL connection id is 51
Server version: 5.5.34-0ubuntu0.13.04.1 (Ubuntu)

Copyright (c) 2008, 2013, Oracle and/or its affiliates. All rights reserved.

Oracle is a registered trademark of Oracle Corporation and/or its
affiliates. Other names may be trademarks of their respective
owners.

Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.

mysql> use ptixiaki;
Reading table information for completion of table and column names
You can turn off this feature to get a quicker startup with -A

Database changed
mysql> select * from apothiki;
+-----+-----+
| name | id |
+-----+-----+
| depon | 1234 |
| panadol | 123456 |
+-----+-----+
2 rows in set (0.00 sec)

mysql>
```

Εικόνα 4.2: Εντολές δημιουργίας βάσης δεδομένων και του πίνακα

#### 4.1.4 Βιβλιοθήκες και πρόσθετα στοιχεία

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής Data Matrix Decoder χρειάστηκε ακόμα να χρησιμοποιήσουμε μια σειρά από διάφορες βιβλιοθήκες και μερικές επεκτάσεις οι οποίες διανέμονται δωρεάν στο διαδίκτυο. Τα στοιχεία αυτά είναι τα εξής:

- **V4L4J**

Το V4L4J<sup>12</sup> είναι ένα πακέτο για την Java το οποίο δίνει εύκολα την δυνατότητα σε μια εφαρμογή γραμμένη σε Java να συλλάβει μεμονωμένα καρέ ή ολόκληρες ροές βίντεο από συσκευές που είναι συνδεδεμένες σε Linux (/dev/videoXX).

- **MySQL connector / JDBC**

Το JDBC είναι στοιχείο επέκτασης για εφαρμογές Java το οποίο είναι απαραίτητο να το συμπεριλάβουμε στην εφαρμογή αν θέλουμε να πετύχουμε επικοινωνία μεταξύ της εφαρμογής και μιας βάσης δεδομένων MySQL.

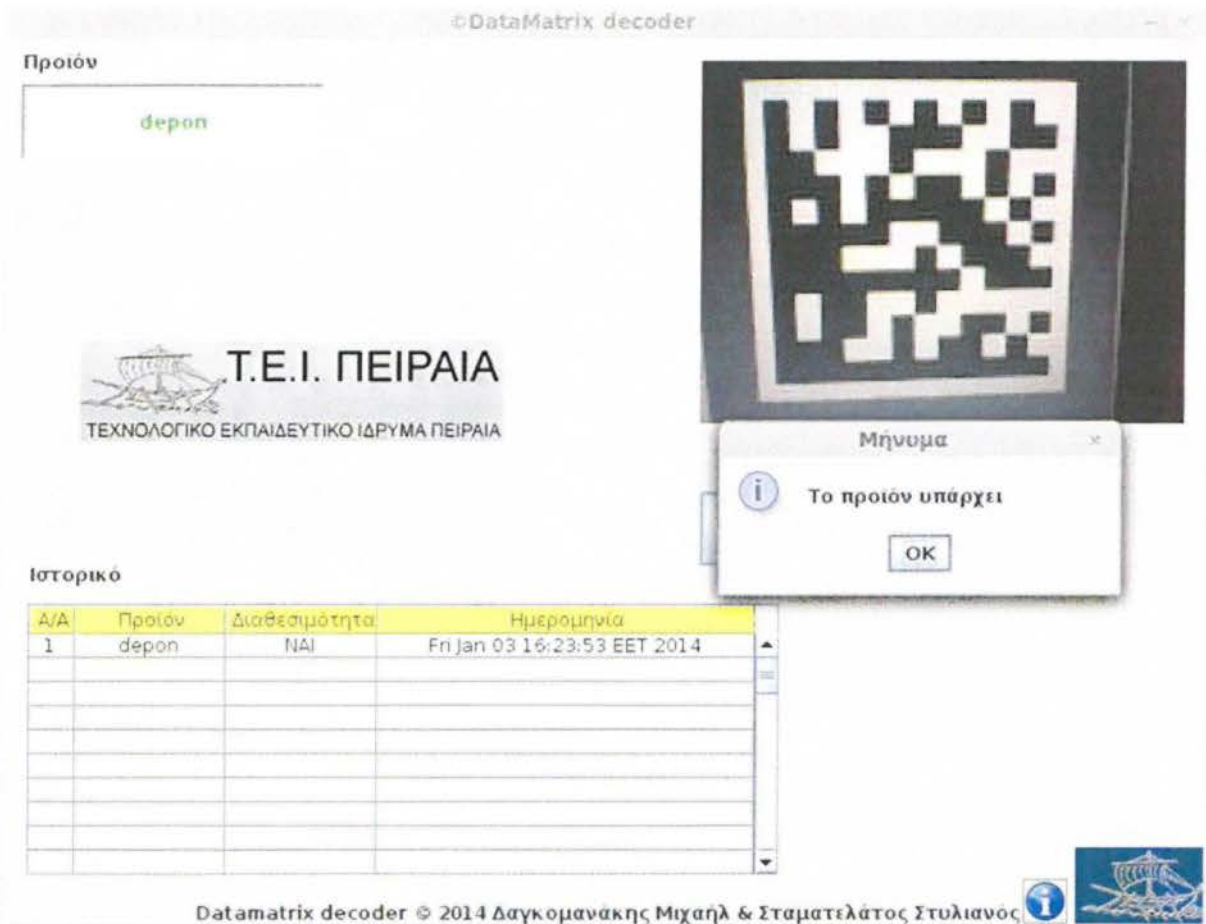
- **Libdmtx**

Η Libdmtx είναι μια ανοιχτού κώδικα βιβλιοθήκη η οποία επιτρέπει την αποκωδικοποίηση γραμμικών κωδίκων Data Matrix.

<sup>12</sup> Video4Linux4Java

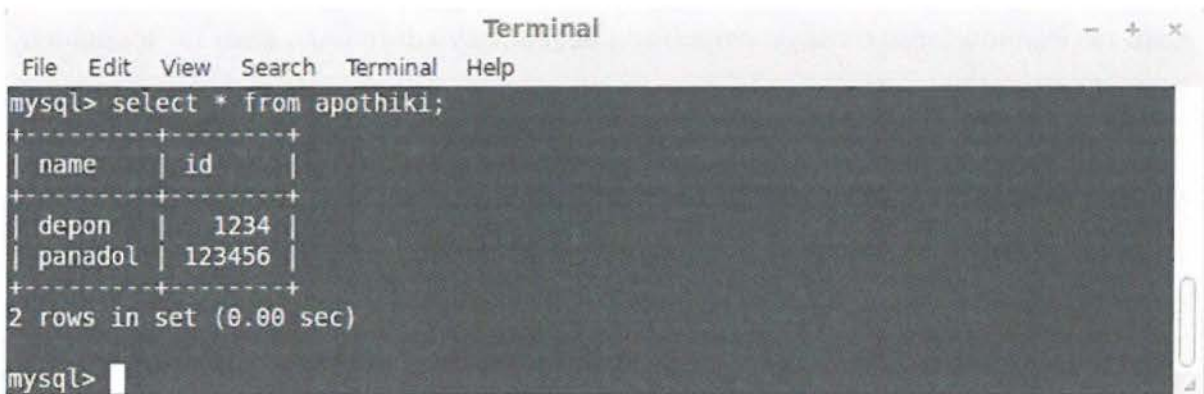
Αποκωδικοποίηση Data Matrix για βιομηχανικές εφαρμογές

τότε η πληροφορία εμφανίζεται με πράσινα γράμματα και μας εμφανίζει το αντίστοιχο μήνυμα όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 4.4: Σάρωση του προϊόντος "Depon"

Το προϊόν "depon" που χρησιμοποιήθηκε ως παράδειγμα είναι αποθηκευμένο στην βάση δεδομένων, όπως μπορούμε να το επαληθεύσουμε παρακάτω.




Εικόνα 4.5: Ο πίνακας "arothiki" της βάσης δεδομένων

Αποκωδικοποίηση Data Matrix για βιομηχανικές εφαρμογές

©DataMatrix decoder

Προϊόν

panadol



Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

Μήνυμα

Το προϊόν υπάρχει

OK

Ιστορικό


A/A	Προϊόν	Διαθεσιμότητα	Ημερομηνία
1	depon	ΝΑΙ	Fri Jan 03 16:23:53 EET 2014
2	raspberry	ΟΧΙ	Fri Jan 03 16:24:24 EET 2014
3	panadol	ΝΑΙ	Fri Jan 03 16:24:51 EET 2014

Datamatrix decoder © 2014 Δαγκομανάκης Μιχαήλ & Σταματελάτος Στυλιανός

©DataMatrix decoder

Προϊόν

tei peiraia



Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

Μήνυμα

Το προϊόν δεν υπάρχει

OK

Ιστορικό

A/A	Προϊόν	Διαθεσιμότητα	Ημερομηνία
1	depon	ΝΑΙ	Fri Jan 03 16:23:53 EET 2014
2	raspberry	ΟΧΙ	Fri Jan 03 16:24:24 EET 2014
3	panadol	ΝΑΙ	Fri Jan 03 16:24:51 EET 2014
4	tei peiraia	ΟΧΙ	Fri Jan 03 16:25:28 EET 2014

Datamatrix decoder © 2014 Δαγκομανάκης Μιχαήλ & Σταματελάτος Στυλιανός

Εικόνα 4.7: Παραδείγματα αποκωδικοποίησης

## **ΕΠΙΛΟΓΟΣ:**

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας, μελετήθηκαν και αναλύθηκαν τα πεδία των «Raspberry Pi», «γραμμικών κωδίκων» και «Data Matrix» με στόχο την ανάπτυξη μιας εφαρμογής αποκωδικοποίησης των δυσδιάστατων γραμμικών κωδίκων Data Matrix για την χρήση της στην φαρμακοβιομηχανία. Λόγω της αυξημένης διακίνησης παράνομων φαρμάκων, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει νόμους, σύμφωνα με τους οποίους απαιτούν από τις φαρμακοβιομηχανίες να «μαρκάρουν» τις συσκευασίες φαρμάκων με τον δυσδιάστατο κώδικα Data Matrix, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η γνησιότητα και η μοναδικότητα κάθε κουτιού σε ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα. Έτσι, με την ανάπτυξη της παραπάνω εφαρμογής, επιτυγχάνεται ο στόχος αυτός διασφαλίζοντας την ομαλή διακίνηση γνήσιων και νόμιμων φαρμάκων.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α' \_ Ascii πίνακας**

Δυαδ.	Οκτ.	Δεκ.	Δεκαεξ.	Γραφ.	Δυαδ.	Οκτ.	Δεκ.	Δεκαεξ.	Γραφ.	Δυαδ.	Οκτ.	Δεκ.	Δεκαεξ.	Γραφ.
010 0000	040	32	20	·	100 0000	100	64	40	@	110 0000	140	96	60	·
010 0001	041	33	21	!	100 0001	101	65	41	A	110 0001	141	97	61	a
010 0010	042	34	22	"	100 0010	102	66	42	B	110 0010	142	98	62	b
010 0011	043	35	23	#	100 0011	103	67	43	C	110 0011	143	99	63	c
010 0100	044	36	24	\$	100 0100	104	68	44	D	110 0100	144	100	64	d
010 0101	045	37	25	%	100 0101	105	69	45	E	110 0101	145	101	65	e
010 0110	046	38	26	&	100 0110	106	70	46	F	110 0110	146	102	66	f
010 0111	047	39	27	'	100 0111	107	71	47	G	110 0111	147	103	67	g
010 1000	050	40	28	(	100 1000	110	72	48	H	110 1000	150	104	68	h
010 1001	051	41	29	)	100 1001	111	73	49	I	110 1001	151	105	69	i
010 1010	052	42	2A	*	100 1010	112	74	4A	J	110 1010	152	106	6A	j
010 1011	053	43	2B	+	100 1011	113	75	4B	K	110 1011	153	107	6B	k
010 1100	054	44	2C	,	100 1100	114	76	4C	L	110 1100	154	108	6C	l
010 1101	055	45	2D	-	100 1101	115	77	4D	M	110 1101	155	109	6D	m
010 1110	056	46	2E	.	100 1110	116	78	4E	N	110 1110	156	110	6E	n
010 1111	057	47	2F	/	100 1111	117	79	4F	O	110 1111	157	111	6F	o
011 0000	060	48	30	0	101 0000	120	80	50	P	111 0000	160	112	70	p
011 0001	061	49	31	1	101 0001	121	81	51	Q	111 0001	161	113	71	q
011 0010	062	50	32	2	101 0010	122	82	52	R	111 0010	162	114	72	r
011 0011	063	51	33	3	101 0011	123	83	53	S	111 0011	163	115	73	s
011 0100	064	52	34	4	101 0100	124	84	54	T	111 0100	164	116	74	t
011 0101	065	53	35	5	101 0101	125	85	55	U	111 0101	165	117	75	u
011 0110	066	54	36	6	101 0110	126	86	56	V	111 0110	166	118	76	v
011 0111	067	55	37	7	101 0111	127	87	57	W	111 0111	167	119	77	w
011 1000	070	56	38	8	101 1000	130	88	58	X	111 1000	170	120	78	x
011 1001	071	57	39	9	101 1001	131	89	59	Y	111 1001	171	121	79	y
011 1010	072	58	3A	:	101 1010	132	90	5A	Z	111 1010	172	122	7A	z
011 1011	073	59	3B	;	101 1011	133	91	5B	[	111 1011	173	123	7B	{
011 1100	074	60	3C	<	101 1100	134	92	5C	\	111 1100	174	124	7C	
011 1101	075	61	3D	=	101 1101	135	93	5D	]	111 1101	175	125	7D	}
011 1110	076	62	3E	>	101 1110	136	94	5E	^	111 1110	176	126	7E	~
011 1111	077	63	3F	?	101 1111	137	95	5F	_					



## BCM2835 ARM Peripherals

---

### 1 Introduction

---

#### 1.1 Overview

BCM2835 contains the following peripherals which may safely be accessed by the ARM:

- Timers
- Interrupt controller
- GPIO
- USB
- PCM / I2S
- DMA controller
- I2C master
- I2C / SPI slave
- SPI0, SPI1, SPI2
- PWM
- UART0, UART1

The purpose of this datasheet is to provide documentation for these peripherals in sufficient detail to allow a developer to port an operating system to BCM2835.

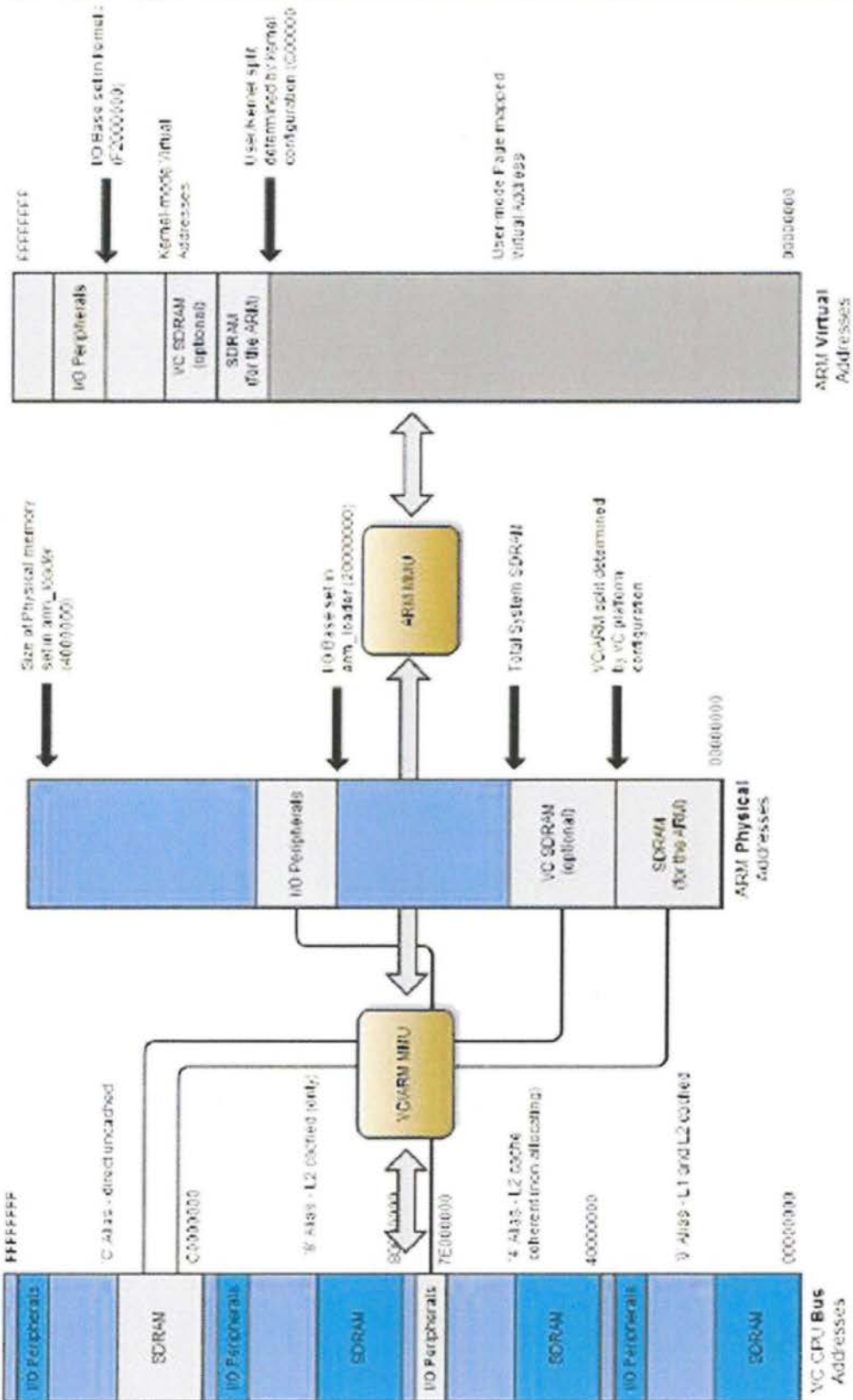
There are a number of peripherals which are intended to be controlled by the GPU. These are omitted from this datasheet. Accessing these peripherals from the ARM is not recommended.

#### 1.2 Address map

##### 1.2.1 Diagrammatic overview

In addition to the ARM's MMU, BCM2835 includes a second coarse-grained MMU for mapping ARM physical addresses onto system bus addresses. This diagram shows the main address spaces of interest:

**BROADCOM.** **BCM2835 ARM Peripherals**





## BCM2835 ARM Peripherals

Addresses in ARM Linux are:

- issued as virtual addresses by the ARM core, then
- mapped into a physical address by the ARM MMU, then
- mapped into a bus address by the ARM mapping MMU, and finally
- used to select the appropriate peripheral or location in RAM.

### 1.2.2 ARM virtual addresses (standard Linux kernel only)

As is standard practice, the standard BCM2835 Linux kernel provides a contiguous mapping over the whole of available RAM at the top of memory. The kernel is configured for a 1GB/3GB split between kernel and user-space memory.

The split between ARM and GPU memory is selected by installing one of the supplied `start*.elf` files as `start.elf` in the FAT32 boot partition of the SD card. The minimum amount of memory which can be given to the GPU is 32MB, but that will restrict the multimedia performance: for example, 32MB does not provide enough buffering for the GPU to do 1080p30 video decoding.

Virtual addresses in kernel mode will range between `0xC0000000` and `0xEFFFFFFF`.

Virtual addresses in user mode (i.e. seen by processes running in ARM Linux) will range between `0x00000000` and `0xBFFFFFFF`.

Peripherals (at physical address `0x20000000` on) are mapped into the kernel virtual address space starting at address `0xF2000000`. Thus a peripheral advertised here at bus address `0x7E0nnnnn` is available in the ARM kernel at virtual address `0xF2nnnnn`.

### 1.2.3 ARM physical addresses

Physical addresses start at `0x00000000` for RAM.

- The ARM section of the RAM starts at `0x00000000`.
- The VideoCore section of the RAM is mapped in only if the system is configured to support a memory mapped display (this is the common case).

The VideoCore MMU maps the ARM physical address space to the bus address space seen by VideoCore (and VideoCore peripherals). The bus addresses for RAM are set up to map onto the uncached<sup>1</sup> bus address range on the VideoCore starting at `0xC0000000`.

Physical addresses range from `0x20000000` to `0x20FFFFFF` for peripherals. The bus addresses for peripherals are set up to map onto the peripheral bus address range starting at `0x7E000000`. Thus a peripheral advertised here at bus address `0x7E0nnnnn` is available at physical address `0x20nnnnn`.

### 1.2.4 Bus addresses

The peripheral addresses specified in this document are bus addresses. Software directly accessing peripherals must translate these addresses into physical or virtual addresses, as described above. Software accessing peripherals using the DMA engines must use bus addresses.

<sup>1</sup> BCM2835 provides a 128KB system L2 cache, which is used primarily by the GPU. Accesses to memory are routed either via or around the L2 cache depending on senior two bits of the bus address.





## BCM2835 ARM Peripherals

Software accessing RAM directly must use physical addresses (based at 0x00000000). Software accessing RAM using the DMA engines must use bus addresses (based at 0xC0000000).

### 1.3 Peripheral access precautions for correct memory ordering

The BCM2835 system uses an AMBA AXI-compatible interface structure. In order to keep the system complexity low and data throughput high, the BCM2835 AXI system does not always return read data in-order<sup>2</sup>. The GPU has special logic to cope with data arriving out-of-order; however the ARM core does not contain such logic. Therefore some precautions must be taken when using the ARM to access peripherals.

Accesses to the same peripheral will always arrive and return in-order. It is only when switching from one peripheral to another that data can arrive out-of-order. The simplest way to make sure that data is processed in-order is to place a memory barrier instruction at critical positions in the code. You should place:

- A memory write barrier before the first write to a peripheral.
- A memory read barrier after the last read of a peripheral.

It is **not** required to put a memory barrier instruction after **each** read or write access. Only at those places in the code where it is possible that a peripheral read or write may be followed by a read or write of a **different** peripheral. This is normally at the entry and exit points of the peripheral service code.

As interrupts can appear anywhere in the code so you should safeguard those. If an interrupt routine reads from a peripheral the routine should start with a memory read barrier. If an interrupt routine writes to a peripheral the routine should end with a memory write barrier.

<sup>2</sup>Normally a processor assumes that if it executes two read operations the data will arrive in order. So a read from location X followed by a read from location Y should return the data of location X first, followed by the data of location Y. Data arriving out of order can have disastrous consequences. For example:

```
a_status = *pointer_to_peripheral_a;
b_status = *pointer_to_peripheral_b;
```

Without precautions the values ending up in the variables a\_status and b\_status can be swapped around.

It is theoretical possible for writes to go 'wrong' but that is far more difficult to achieve. The AXI system makes sure the data always arrives in-order at its intended destination. So:

```
*pointer_to_peripheral_a = value_a;
*pointer_to_peripheral_b = value_b;
```

will always give the expected result. The only time write data can arrive out-of-order is if two different peripherals are connected to the same external equipment.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:**

<http://www.raspberrypi.org/about>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi\\_Foundation](http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi_Foundation)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Eben\\_Upton](http://en.wikipedia.org/wiki/Eben_Upton)

<http://www.zdnet.com/we-thought-wed-sell-1000-the-inside-story-of-the-raspberry-pi-7000009718/>

<http://www.linuxinside.gr/forum/8787/diaita-telos-kalosorises-raspberry-pi>

[http://portal.kathimerini.gr/4Dcgi/4dcgi/\\_w\\_articles\\_kathworld\\_1\\_19/03/2013\\_488636](http://portal.kathimerini.gr/4Dcgi/4dcgi/_w_articles_kathworld_1_19/03/2013_488636)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Barcode>

<http://inventors.about.com/od/bstartinventions/a/Bar-Codes.htm>

<http://www.scandit.com/2012/03/20/barcode-history-5-things-you-didn%E2%80%99t-know-about-barcodes/>

<http://www.barcode.ro/tutorials/barcodes/history.html>

<http://www.barcodeisland.com/ean13.phtml>

<http://en.wikipedia.org/wiki/PDF417>

[http://en.wikipedia.org/wiki/QR\\_code](http://en.wikipedia.org/wiki/QR_code)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_Matrix](http://en.wikipedia.org/wiki/Data_Matrix)

<http://www.adams1.com/stack.html>

<http://www.tec-it.com/en/support/knowledge/symbologies/datamatrix/Default.aspx>

<http://jpggraph.net/download/manuals/chunkhtml/ch26.html#id2603763>

<http://www.idautomation.com/barcode-faq/2d/data-matrix/>

[http://www.barcode-fonts.de/microscan/DataMatrix\\_Code.pdf](http://www.barcode-fonts.de/microscan/DataMatrix_Code.pdf)

<http://microscan.s3.amazonaws.com/Webinars/2D-basics-The-Evolution-of-2D-Symbologies.pdf>

<http://el.wikipedia.org/wiki/Java>

<http://el.wikipedia.org/wiki/MySQL>

