Κ. Παπαοδυσσεύς
Καθηγητής ΕΜΠ

Κ. Καλοβρέκτης
Δρ. Πληροφορικής, Παν. Πειραιώς

Ν. Μυλωνάς
Μαθηματικός-Φυσικός, ΑΠΘ
MSc Εφαρμοσμένα Μαθηματικά, ΔΠΘ

MATLAB

Εισαγωγή και Εφαρμογές για Μηχανικούς

ΑΡΕΤΗΣ ΠΡΟΠΆΡΟΙΘΕ ΙΔΡΏΤΑ ΘΕΟΊ ΑΘΆΝΑΤΟΙ ΌΗΚΑΝ.

ΜΠΡΟΣΤΆ ΣΤΗΝ ΑΡΕΤΉ ΟΙ ΑΘΆΝΑΤΟΙ ΘΕΟΊ ΈΒΑΛΑΝ ΤΟΝ ΙΔΡΏΤΑ

ΈΡΓΑ ΚΑΙ ΗΜΈΡΑΙ 289

ΗΣΊΟΔΟΣ

Εκδόσεις Τζιόλα

Τίτλος πρωτοτύπου: **MATLAB**
Εισαγωγή και Εφαρμογές για Μηχανικούς
Κ. Παπαοδυσσεύς - Κ. Καλοβρέκτης - Ν. Μυλωνάς

Αποκλειστικότητα: **ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ**

ΕΚΔΟΤΙΚΟΣ ΟΙΚΟΣ - ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΓΡΑΦΕΙΑ:
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Φιλίππου 91, Τ.Κ. 546 35
Τηλ. 2310 247887, 2310 213912, Fax. 2310 210729

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟ:
ΑΘΗΝΑ
Χαρ. Τρικούπη 16 (Ύψος Ακαδημίας), Τ.Κ. 106 81
Τηλ. 210 3648055, Τηλ./Fax. 210 3632600

Internet:

e-mail: info@tziola.gr
http: //www.tziola.gr

Copyright © 2017 ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

Copyright © 2017 TZIOLA PUBLICATIONS

ISBN 978-960-418-656-3

Σημείωση:

1. Η εταιρεία «Εκδόσεις Τζιόλα» έχει προσπαθήσει να προσφέρει στο κοινό ένα, όσο πιο αξιόπιστο και χωρίς λάθη, σύγγραμμα και δεν φέρει καμία ευθύνη για τυχόν λάθη, αβλεψίες ή παραλείψεις που αφορούν το κείμενο και τα σχήματα. Η εταιρεία «Εκδόσεις Τζιόλα» δεν φέρει καμία ευθύνη για το περιεχόμενο του συγγράμματος γενικά και ιδιαίτερα αν προσβάλλει δικαιώματα ετέρου πνευματικού δημιουργού.

2. Η εταιρεία «Εκδόσεις Τζιόλα» δεν φέρει ευθύνη για τη λειτουργία ή την ακρίβεια των URL που αναφέρονται στο παρόν βιβλίο, ούτε μπορεί να εγγυηθεί ότι το περιεχόμενο στους αναφερόμενους ιστότοπους είναι, ή θα παραμείνει, ακριβές ή κατάλληλο για οποιαδήποτε συγκεκριμένη χρήση.

Απαγορεύεται *η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος του βιβλίου με οποιοδήποτε μέσο (**φωτοτυπία**, εκτύπωση, μικροφίλμ, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών ή άλλη μηχανική ή ηλεκτρονική μέθοδο) χωρίς την έγγραφη άδεια του εκδότη.*

No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

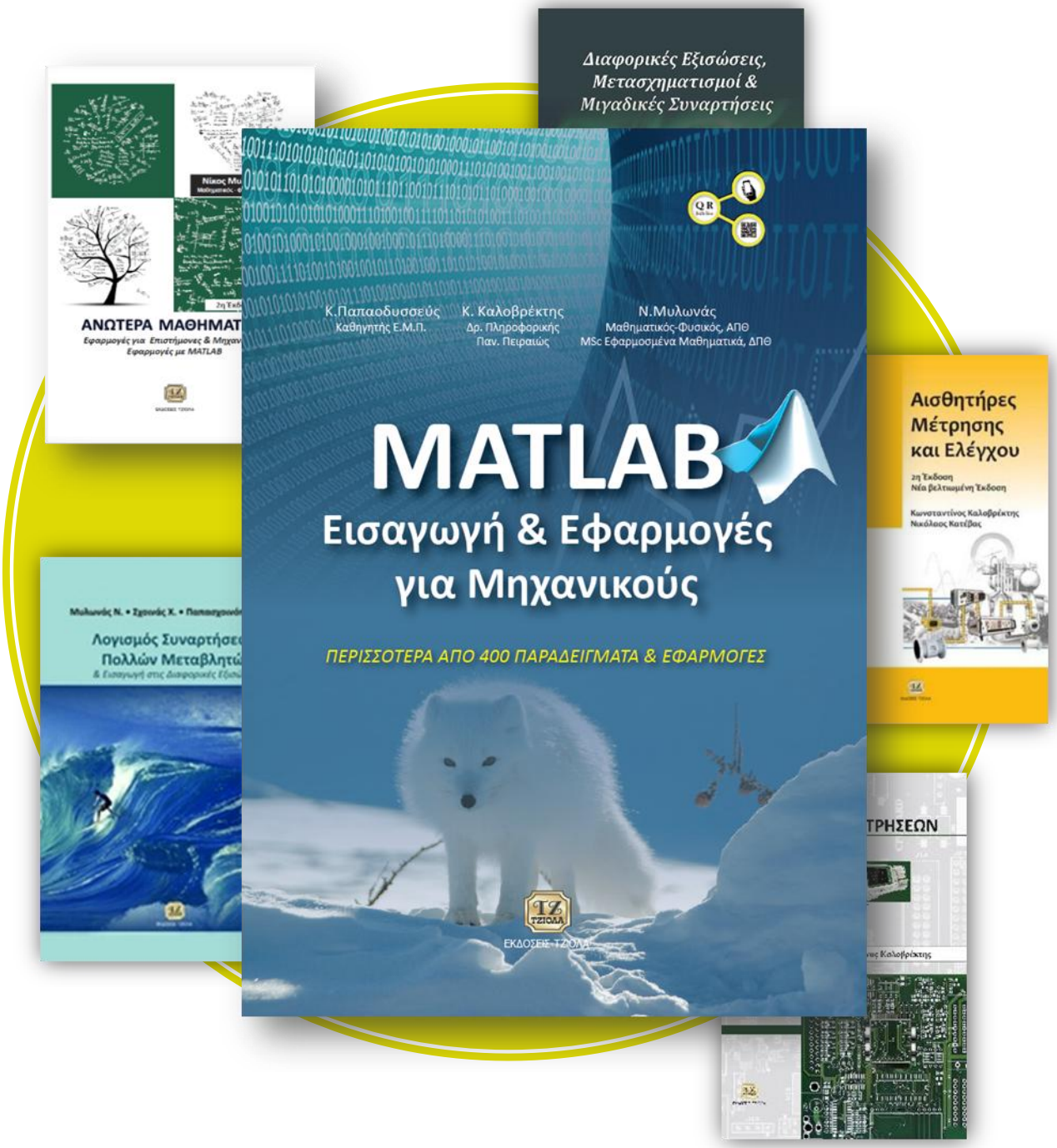
Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ο Σ

- **Το λογισμικό:** Το λογισμικό MATLAB της εταιρείας MathWorks Inc. έχει φέρει την επανάσταση στο πεδίο των αριθμητικών υπολογισμών (numerical computations) στην υπολογιστική επιστήμη καθώς ενσωματώνει πλήθος συναρτήσεων μέσω των οποίων μπορεί ο προπτυχιακός φοιτητής, ο μεταπτυχιακός φοιτητής και ο σύγχρονος μηχανικός να υλοποιεί αριθμητικούς υπολογισμούς, αναλύσεις και γραφήματα, καλύπτοντας τις ανάγκες του στο τομέα των μαθηματικών, της φυσικής, της χημείας, της κλασικής μηχανικής, της εφαρμοσμένης μηχανικής και της πληροφορικής.
- **Ο σκοπός:** Σκοπός του βιβλίου είναι: α) να δώσει στον φοιτητή και στον σύγχρονο μηχανικό τη γνώση σε θέματα ανάπτυξης κώδικα για την υλοποίηση υπολογιστικών προγραμμάτων του επιστημονικού του αντικειμένου και β) να του παρέχει πλήρη κάλυψη σε θέματα προγραμματισμού MATLAB.
- **Ο στόχος:** Στόχος κατά τη συγγραφή του βιβλίου αποτέλεσε η ύπαρξη ενός συγγράμματος ως βιβλίο αναφοράς για την ανάπτυξη προγραμματισμού υπολογιστικών εφαρμογών στο οποίο ο φοιτητής κατά τη διάρκεια των σπουδών του και κατά τη μεταπτυχιακή του πορεία να μπορεί να ανατρέχει σε αυτό για την ανάπτυξη των προγραμμάτων.
- **Η συγγραφή:** Η συγγραφή κάθε κεφαλαίου έγινε με γνώμονα να καλύψει τα θέματα που πραγματώνεται με πρακτικά παραδείγματα και εφαρμογές. Το βιβλίο χωρίζεται σε 5 μέρη:

	Περιγραφή	Που απευθύνεται	Υποστήριξη μαθημάτων με υπολογιστικές εφαρμογές
Μέρος I: Εισαγωγή στο MATLAB	Στο 1ο μέρος παρέχεται η γνώση που χρειάζεται ο φοιτητής κατά το πρώτο έτος των σπουδών του για την κάλυψη των βασικών εντολών του MATLAB με απλές εφαρμογές.	Προπτυχιακοί φοιτητές	▪ Εισαγωγή στον προγραμματισμό ▪ Εργαστήριο μαθηματικών ▪ Μαθηματικά ▪ Γραμμική άλγεβρα ▪ Μαθηματική ανάλυση
Μέρος II: Εφαρμογές στα Μαθηματικά	Στο 2ο μέρος παρέχεται η γνώση που χρειάζεται ο φοιτητής του για την ανάπτυξη υπολογιστικών προγραμμάτων με εφαρμογές στα μαθηματικά, συνδυάζοντας τις γνώσεις βάση το μαθηματικό πλαίσιο των σπουδών του στα πρώτα έτη.	Προπτυχιακοί φοιτητές	▪ Μαθηματικά ▪ Διαφορικός και ολοκληρωτικός λογισμός ▪ Εργαστήριο μαθηματικών ▪ Μετασχηματισμοί
Μέρος III: Πιθανότητες και Στατιστική	Το 3ο μέρος καλύπτει τη γνώση που χρειάζεται ο φοιτητής για την ανάπτυξη υπολογιστικών προγραμμάτων με εφαρμογές στις πιθανότητες και τη στατιστική ανάλυση καλύπτοντας τον σε υπολογιστικά ζητήματα μεθοδολογίας έρευνας και ανάλυσης δεδομένων.	Προπτυχιακοί φοιτητές	▪ Στατιστική ▪ Πιθανότητες ▪ Μεθοδολογία έρευνας
Μέρος IV: Εφαρμογές για Επιστήμονες και Μηχανικούς	Στο 4ο μέρος παρέχεται η γνώση που χρειάζεται ένας φοιτητής για την εφαρμογή του λογισμικού MATLAB σε θεματικά αντικείμενα της μηχανικής και του ηλεκτρισμού που συναντά κατά τη διάρκεια των σπουδών του.	Προπτυχιακοί και μεταπτυχιακοί φοιτητές	▪ Φυσική ▪ Μηχανική ▪ Ηλεκτρομαγνητισμός ▪ Ηλεκτρικά κυκλώματα ▪ ΣΑΕ
Μέρος V: Ανώτερες Εφαρμογές	Στο 5ο μέρος παρέχεται η γνώση που χρειάζεται ο φοιτητής και ο μηχανικός για την εφαρμογή του λογισμικού MATLAB σε πιο σύνθετες εφαρμογές.	Προπτυχιακοί και μεταπτυχιακοί φοιτητές, Μηχανικοί	▪ Ηλεκτρονικά κυκλώματα ▪ Θεωρία σημάτων ▪ Επεξεργασία σήματος ▪ Φίλτρα ▪ ΣΑΕ ▪ Arduino

- **Η βιβλιογραφία:** Για τη συγγραφή κάθε κεφαλαίου χρησιμοποιήθηκε υλικό: από τη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία, πηγές διαδικτύου καθώς και εγχειρίδια της MathWorks Inc.
- **Οι πίνακες εντολών:** Στην αρχή κάθε κεφαλαίου δίνεται στον αναγνώστη πίνακας με εντολές που αναφέρονται στην ύλη του κεφαλαίου, καθώς, και ο αριθμός της σελίδας στην οποία μπορεί: α) να δει εφαρμογή της εντολής σε παράδειγμα ή β) να εξετάσει τις παραμέτρους σύνταξης της εντολής.
- **QRbiblio:** Το βιβλίο μέσω των εικονιδίων QR φέρει σύνδεση ψηφιακών περιεχόμενων από αλλά βιβλία μέσα από τα οποία δίνεται το θεωρητικό υπόβαθρο των εννοιών που καλύπτονται σε ενότητες στις όποιες οι συγγραφείς θεώρησαν να εισάγουν, καθώς και παραδείγματα σε μορφή βίντεο των εφαρμογών για την καλύτερη κατανόηση από τον αναγνώστη. Πιο συγκεκριμένα «αντλήθηκε» υλικό από τα παρακάτω συγγράμματα:

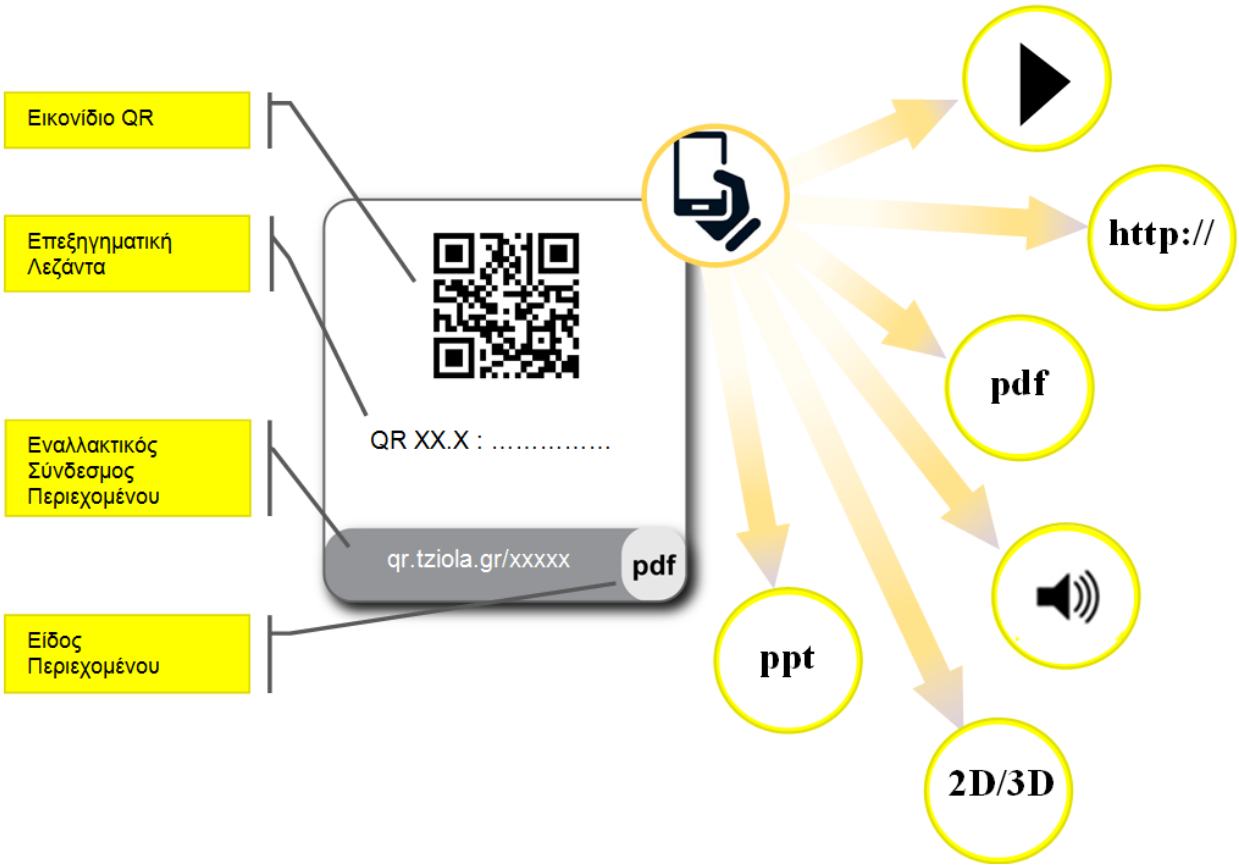
1. Ανώτερα Μαθηματικά, Ν. Μυλωνάς
2. Αισθητήρες Μέτρησης και Ελέγχου, Κ. Καλοβρέκτης, Ν. Κατέβας
3. Διαφορικές Εξισώσεις, Μετασχηματισμοί και Μιγαδικές Συναρτήσεις, Ν. Μυλωνάς-Χ. Σχοινάς
4. Ηλεκτρονικά Συστήματα Μετρήσεων, Κ. Καλοβρέκτης
5. Λογισμός Συναρτήσεων Πολλών Μεταβλητών και Εισαγωγή στις Διαφορικές Εξισώσεις, Ν. Μυλωνάς-Χ. Σχοινάς-Γ. Παπασχοινόπουλος



QRbiblio

- **Γενικά:** Οι Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ θέλοντας να ενισχύσουν τη γνώση μέσα από τον αρμονικό συνδυασμό έντυπης και ψηφιακής τεχνολογίας, ανέπτυξαν ένα σύγχρονο και δυναμικό τεχνολογικό σύστημα που δίνει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης ψηφιακού οπτικοακουστικού περιεχομένου σε ένα βιβλίο. Η σύνδεση ψηφιακού περιεχόμενου σε ένα βιβλίο, εμπλουτίζει και ενισχύει τη διαδικασία απόκτησης της γνώσης, αποδεικνύοντας την θετική επίδραση της σύγχρονης τεχνολογίας στην έντυπη έκδοση. Ένα τέτοιο βιβλίο χαρακτηρίζεται από τις Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ ως **QRbiblio**, λόγω του ότι περιέχει **εικονίδια QR** που οδηγούν στο εμπλουτισμένο περιεχόμενο.

- **Τα εικονίδια QR (Quick Response):** Τα εικονίδια QR (Quick Response) αποτελούν έναν, άμεσο και **αποτελεσματικό** τρόπο σύνδεσης, του βιβλίου με επιπρόσθετο οπτικοακουστικό υλικό και κείμενο (εμπλουτισμένο περιεχόμενο) που δεν βρίσκεται στις σελίδες του βιβλίου, αλλά είναι αποθηκευμένο online στον ιστοχώρο του βιβλίου. Στην ουσία είναι ένας τρόπος κωδικοποίησης ενός συνδέσμου, ώστε το περιεχόμενό του να προβάλλεται άμεσα και εύκολα στην οθόνη οποιασδήποτε φορητής συσκευής (smartphone, tablet).
- **Πως λειτουργεί:** Ο χρήστης, σαρώνει με τη φορητή συσκευή (smartphone, tablet) το εικονίδιο QR (μέσα από την εφαρμογή **QR Reader**) και στην οθόνη του προβάλλεται αυτόματα το συνδεδεμένο περιεχόμενο, το οποίο μπορεί να είναι ένα επεξηγηματικό βίντεο, επιπλέον οπτικοακουστικό υλικό ή κείμενο, ιστοσελίδα, παρουσίαση, 2D/3D animation



QRbiblio

- **Συσκευές & Λογισμικό Ανάγνωσης QR:** Τα εικονίδια QR στο παρόν βιβλίο είναι ελεγμένα από τις Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ για τη σωστή λειτουργία σε φορητές συσκευές (smartphones, tablets) με λειτουργικό σύστημα Android, iOS, Blackberry, Symbian και Microsoft Phone. Στη φορητή συσκευή, είναι απαραίτητο να υπάρχει εγκατεστημένη μια εφαρμογή η οποία «διαβάζει» QR codes (**QR Reader ή Λογισμικό Ανάγνωσης QR**). Πολλές συσκευές έχουν πλέον προεγκατεστημένη την εφαρμογή QR reader, αλλά στην περίπτωση που δεν είναι εγκατεστημένη, υπάρχει πληθώρα από δωρεάν εφαρμογές που μπορούν να εγκατασταθούν σε όλα τα λειτουργικά συστήματα (Android, iOS, Blackberry, Symbian και Microsoft Phone).
- **Οι Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ δεν φέρουν καμία ευθύνη για την επιλογή και τον τρόπο λειτουργίας του λογισμικού που θα εγκαταστήσει ο χρήστης προκειμένου να έχει πρόσβαση στο εμπλουτισμένο περιεχόμενο του βιβλίου.**
- **Εναλλακτική Πρόσβαση:** Στην περίπτωση που ο χρήστης δεν διαθέτει φορητή συσκευή με εφαρμογή ανάγνωσης QR, μπορεί να έχει πρόσβαση στο εμπλουτισμένο περιεχόμενο με δύο τρόπους (απαραίτητη η σύνδεση στο διαδίκτυο):
  - Πληκτρολογεί στο πρόγραμμα πλοήγησης διαδικτύου τον Εναλλακτικό Σύνδεσμο Περιεχομένου (qr.tziola.gr/xxxxx) που βρίσκεται κάτω από το εικονίδιο QR ή
  - Επισκέπτεται την ιστοσελίδα του βιβλίου:

    http://tziola.gr/book/matlab-qr

    επιλέγοντας την καρτέλα QR Book που βρίσκεται στο κάτω μέρος του βιβλίου.

Για δοκιμή, σαρώστε με την εφαρμογή QR reader της φορητής συσκευής το παρακάτω QR εικονίδιο.
Θα πρέπει να οδηγηθείτε στην ιστοσελίδα των Εκδόσεων ΤΖΙΟΛΑ.

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

Μέρος Ι: Εισαγωγή στο MATLAB

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1
Εισαγωγή στο MATLAB και βασικές εντολές 1

1.1 Το λογισμικό MATLAB 2
1.2 Μεταγλωττιστές και διερμηνείς 3
1.3 Μεταβλητές 3
1.3.1 Ονόματα μεταβλητών 4
1.3.2 Τύποι μεταβλητών 5
1.4 Εκχώρηση τιμών σε μεταβλητές 6
1.5 Εντολές εισόδου/εξόδου 6
1.6 Οι βασικές πράξεις και οι βασικοί τελεστές στο MATLAB 7
1.6.1 Προτεραιότητα τελεστών σε MATLAB 8
1.7 MATLAB και μιγαδικοί αριθμοί 8
1.8 Ενσωματωμένες συναρτήσεις στον διερμηνέα MATLAB 11
1.9 Οι τριγωνομετρικές συναρτήσεις 11
1.10 Εκθετικές και λογαριθμικές συναρτήσεις 12
1.11 Εγγενής συνάρτηση υπολογισμού τετραγωνικής ρίζας αριθμού 13
1.12 Μόνιμη διατήρηση επιθυμητής πληροφορίας σε αρχεία τύπου .m 13
1.13 Εκτέλεση κώδικα από αρχεία τύπου .m 15
1.14 Ο ρόλος του ερωτηματικού (semicolon) στο τέλος κάθε γραμμής κώδικα 17
1.15 Εισαγωγή σχολίων σε κώδικα αρχείων .m 17
Ασκήσεις **19**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2
Πίνακες & διανύσματα **21**

2.1. Πίνακες στο MATLAB 23
2.2. Ανάκληση στοιχείου από πίνακα 26
2.3. Ανάκληση μίας γραμμής ή μίας στήλης πίνακα 28
2.4. Δημιουργία ειδικών πινάκων 28
2.5. Πίνακες τυχαίων αριθμών 29
2.6. Λήψη τμήματος πίνακα-συνένωση πινάκων 30
2.7. Ανάστροφος και συζυγής ανάστροφος 33
2.8. Πράξεις πινάκων ιδίων διαστάσεων στοιχείο προς στοιχείο 34
2.9. Γινόμενο πινάκων 36
2.10. Τετραγωνικοί πίνακες - ορίζουσες 36
2.11. Αντίστροφος πίνακα 37
2.12. Βαθμός πίνακα 38
2.13. Βασικές ενσωματωμένες συναρτήσεις διαχείρισης πινάκων 39
2.14. Οι γνωστές συναρτήσεις δρουν σε όλα τα στοιχεία ενός πίνακα 41
2.15. Εύρεση μεγίστου και ελαχίστου των στοιχείων ενός πινάκα 41
2.16. Άθροισμα και μέση τιμή των στοιχείων ενός πίνακα 42
2.17. Υπολογισμός απόλυτης τιμής όλων των στοιχείων ενός πίνακα 43
2.18. Διανύσματα στο MATLAB 44
2.19. Εσωτερικό γινόμενο 45
2.20. Εξωτερικό γινόμενο 46
2.21. Ιδιοτιμές και ιδιοδιανύσματα πινάκων 47
Ασκήσεις **50**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3
Δομές επιλογής & επανάληψης, Λογικοί τελεστές **53**

3.1. Δομές επιλογής 54
3.1.1 Η δομή απλής επιλογής 54
3.1.2 Η δομή σύνθετης επιλογής 55
3.1.3 Η δομή πολλαπλής επιλογής 55

3.2. Λογικοί τελεστές 56
3.3. Η δομή επιλογής Switch 59
3.4. Δομές επανάληψης στο MATLAB 61
3.5. Ο επαναληπτικός βρόχος for σε αναλυτική μορφή 61
3.6. Η εύρεση μεγίστου ενός πίνακα 63
3.7. Αναλυτικός υπολογισμός του αθροίσματος των στοιχείων ενός μονοδιάστατου πίνακα αριθμών 64
3.8. Αναλυτικός υπολογισμός του αθροίσματος των στοιχείων ενός διδιάστατου πίνακα αριθμών: Εισαγωγή στους εμφωλευμένους (nested) επαναληπτικούς βρόχους 65
3.9. Πώς διακόπτουμε έναν επαναληπτικό βρόχος for & περισσότερα σχετικά παραδείγματα. 66
3.10. Συνοπτική γραφή ενός βρόχου for 68
3.11. Συνοπτικό for loop με αρνητικό βήμα 69
3.12. Η δομή επανάληψης while 73
3.13. Ο επαναληπτικός βρόχος do-while 75
3.14. Η εντολή: find() 76
Ασκήσεις **79**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4
Συναρτήσεις **81**

4.1 Συναρτήσεις 81

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5
Άλγεβρα Boole **85**

5.1 Πράξεις στο δυαδικό σύστημα 86
5.2 Μετατροπές μεταξύ συστημάτων αρίθμησης 87
5.3 Αλγεβρα Boole 90
5.4 Λογικές πύλες 93
5.5 Απλοποίηση λογικών συναρτήσεων 95
Ασκήσεις **96**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6
Εγγραφή και ανάγνωση από αρχείο **97**

6.1 Εγγραφή και ανάγνωση από αρχείο 97
Ασκήσεις **100**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7
Συμβολικές μεταβλητές και πράξεις αλγεβρικών παραστάσεων και συναρτήσεων **101**

7.1 Υλοποίηση αλγεβρικών παραστάσεων και συναρτήσεων με χρήση συμβολικών μεταβλητών 102
7.2 Ένας άλλος τρόπος εισαγωγής συνάρτησης 109
7.3 Πολυώνυμα 112
7.4 Ανάλυση σε μερικά κλάσματα 113
7.5 Διανύσματα και πίνακες αλγεβρικών παραστάσεων 118
7.6 Υπολογισμός αθροισμάτων σειρών 119
Ασκήσεις **119**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8
Σχεδιασμός γραμμών στο επίπεδο **121**

8.1 Γραφική παράσταση σημείων του επιπέδου 122
8.2 Γραφική παράσταση συνάρτησης μίας μεταβλητής 123
8.3 Γραφική παράσταση συνάρτησης από τις παραμετρικές εξισώσεις της 131
8.4 Σχεδιασμός στο MuPAD γραμμών του επιπέδου σε παραμετρική μορφή 135
8.5 Γραφική παράσταση πεπλεγμένης συνάρτησης ή εξίσωσης γραμμής 136
8.6 Γραφική παράσταση συνάρτησης σε πολικές συντεταγμένες 137
8.7 Στροφή και παράλληλη μετατόπιση στο επίπεδο 137
Ασκήσεις **145**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9
Σχεδιασμός γραμμών και επιφανειών στο χώρο **147**

9.1 Καμπύλες στο χώρο 148
9.2 Εισαγωγή στα τρισδιάστατα γραφικά του MATLAB 149

9.3 Σχεδιασμός γραμμής του χώρου από τη διανυσματική της εξίσωση 153
9.4 Σχεδιασμός επιφάνειας του χώρου από την καρτεσιανή της εξίσωση 154
9.5 Γραφική παράσταση συνάρτησης δύο μεταβλητών 158
9.6 Επιφάνειες σε παραμετρική μορφή 159
Ασκήσεις **161**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10
Μέτρηση χρόνου εκτέλεσης αλγορίθμων **163**

10.1 Μέτρηση χρόνου 163
Ασκήσεις **166**

Μέρος ΙΙ: Εφαρμογές στα Μαθηματικά

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11
Εξισώσεις, ανισώσεις και συστήματα **169**

11.1 Εξισώσεις, ανισώσεις και συστήματα 170
11.2 Ανισώσεις 173
11.3 Αριθμητική λύση εξισώσεων 174
11.4 Συστήματα γραμμικών εξισώσεων 177
11.5 Συστήματα μη γραμμικών εξισώσεων 181
Ασκήσεις **183**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12
Όρια, παράγωγοι και ολοκληρώματα **187**

12.1 Υπολογισμός ορίων 188
12.2 Υπολογισμός παραγώγων 188
12.3 Υπολογισμός αόριστων ολοκληρωμάτων 191
12.4 Υπολογισμός ορισμένων ολοκληρωμάτων 192
12.5 Αριθμητικός υπολογισμός ορισμένου ολοκληρώματος 194
12.6 Αριθμητική ολοκλήρωση 198
Ασκήσεις **205**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13
Συναρτήσεις μίας μεταβλητής **207**

13.1. Εύρεση τοπικών ακροτάτων και σημείων καμπής συναρτήσεων μίας μεταβλητής 208
13.2 Ασύμπτωτες 211
13.3 Ολικά ακρότατα-προβλήματα βελτιστοποίησης 213
13.4 Ανάπτυγμα Taylor 215
Ασκήσεις **217**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14
Συναρτήσεις πολλών μεταβλητών **219**

14.1 Ιακωβιανός και εσσιανός πίνακας συνάρτησης πολλών μεταβλητών 220
14.2 Κλίση, απόκλιση, στροφή, λαπλασιανή, αριθμητικό και διανυσματικό δυναμικό 222
14.3 Εύρεση τοπικών ακροτάτων συναρτήσεων πολλών μεταβλητών 227
Ασκήσεις **245**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15
Πολλαπλά ολοκληρώματα **249**

15.1 Διπλά ολοκληρώματα 249
15.2 Τριπλά ολοκληρώματα 253
15.3 Επικαμπύλια ολοκληρώματα 256
Ασκήσεις **259**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16
Διαφορικές εξισώσεις & συστήματα **263**

16.1 Λύση εξισώσεων διαφορών 263

16.2 Λύση και συστημάτων εξισώσεων διαφορών 266
16.3 Φασικά διαγράμματα συστημάτων διαφορικών εξισώσεων 267
16.4 Αριθμητική λύση διαφορικών εξισώσεων α' τάξης 269
16.4.1 Μέθοδος Euler 269
16.4.2 Βελτιωμένη μέθοδος Euler 271
16.5 Μέθοδοι Taylor ανώτερης τάξης 272
16.6 Μέθοδοι Runge-Kutta 274
16.7 Αριθμητική λύση συστημάτων α' τάξης 275
16.7.1 Μέθοδος Euler για σύστημα διαφορικών εξισώσεων α' τάξης 275
16.7.2 Μέθοδος Runge-Kutta τέταρτης τάξης για σύστημα διαφορικών εξισώσεων α' τάξης 276
16.8 Αριθμητική λύση διαφορικών εξισώσεων δεύτερης τάξης 277
Ασκήσεις **278**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17
Μετασχηματισμοί **283**

17.1 Μετασχηματισμός Laplace 284
17.2 Η βηματική και η κρουστική συνάρτηση 285
17.3 Αντίστροφος μετασχηματισμός Laplace 293
17.4 Ανάπτυγμα Fourier 295
17.5 Μετασχηματισμός Fourier 299
17.6 Αντίστροφος μετασχηματισμός Fourier 301
17.7 Μετασχηματισμός Z 302
17.8 Αντίστροφος μετασχηματισμός Z 303
Ασκήσεις **304**

Μέρος ΙΙ: Πιθανότητες και Στατιστική

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18
Κατανομές πιθανοτήτων **309**

18.1 Κατανομές πιθανοτήτων 309
18.1.1 Διωνυμική Κατανομή 312
18.2 Παραδείγματα κστανομών 315
18.3 Έλεγχος κατανομής 327
18.3.1 Κανονική κατανομή 327
18.4 Λογαριθμοκανονική κατανομή 329
Ασκήσεις **331**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19
Διαστήματα Εμπιστοσύνης **335**

19.1 Διαστήματα εμπιστοσύνης για τη μέση τιμή τυχαίας μεταβλητής που ακολουθεί κανονική κατανομή με γνωστή τυπική απόκλιση 336
19.2 Διαστήματα εμπιστοσύνης από μεγάλο δείγμα για τη μέση τιμή τυχαίας μεταβλητής που ακολουθεί οποιασδήποτε κατανομή 338
19.3 Διαστήματα εμπιστοσύνης από μικρό δείγμα για τη μέση τιμή τυχαίας μεταβλητής που ακολουθεί κανονική κατανομή με άγνωστη τυπική απόκλιση 339
19.4 Διαστήματα εμπιστοσύνης για τη διαφορά των μέσων τιμών δύο κανονικών πληθυσμών με γνωστές τυπικές αποκλίσεις 340
19.5 Διαστήματα εμπιστοσύνης για τη διαφορά των μέσων τιμών δύο κανονικών πληθυσμών με άγνωστες ίσες τυπικές αποκλίσεις 341
19.6 Διαστήματα εμπιστοσύνης για τη διαφορά των μέσων τιμών δύο κανονικών πληθυσμών με άγνωστες άνισες τυπικές αποκλίσεις 343
19.7 Διαστήματα εμπιστοσύνης για τη διαφορά των μέσων τιμών δύο κανονικών πληθυσμών από εξαρτημένα δείγματα (ζευγαρωτές παρατηρήσεις) 345
19.8 Διάστημα εμπιστοσύνης για αναλογία 346
19.9 Διάστημα εμπιστοσύνης για διαφορά αναλογιών 347
19.10 Διαστήματα εμπιστοσύνης για διακύμανση 349
19.11 Διάστημα εμπιστοσύνης για λόγο διακυμάνσεων 350
Ασκήσεις **351**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20
Έλεγχος Υποθέσεων **355**

20.1 Έλεγχος υποθέσεων για μέση τιμή κανονικής μεταβλητής 356

20.1.1 Γνωστή τυπική απόκλιση 356
20.1.2 Άγνωστη τυπική απόκλιση 357
20.2 Έλεγχος υποθέσεων για ισότητα μέσων τιμών 358
20.2.1 Γνωστές τυπικές αποκλίσεις 358
20.2.2 Άγνωστες ίσες τυπικές αποκλίσεις 360
20.2.3 Άγνωστες άνισες τυπικές αποκλίσεις 361
20.3 Έλεγχος για αναλογία 363
20.4 Έλεγχος για διαφορά αναλογιών 364
20.5 Έλεγχος για διακύμανση 365
20.6 Έλεγχος για λόγο διακυμάνσεων 366
Ασκήσεις **368**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21
Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) **373**

21.1 Ανάλυση διασποράς (ANOVA) ενός παράγοντα 373
21.2 Ανάλυση διασποράς δυο παραγόντων 375
21.2.1 Ανάλυση διασποράς δυο παραγόντων χωρίς αλληλεπίδραση 376
21.2.2 Ανάλυση διασποράς δυο παραγόντων χωρίς αλληλεπίδραση 377
Ασκήσεις **378**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 22
Γραμμική παλινδρόμηση **381**

22.1 Απλή γραμμική παλινδρόμηση 382
22.2 Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση 383
Ασκήσεις **389**

Μέρος IV: Εφαρμογές για Επιστήμονες και Μηχανικούς

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 23
Μηχανική **397**

23.1 Εφαρμογές στη μηχανική 397
23.2 Σημεία ισορροπίας-ευστάθεια 424
23.3 Στατική: Ιδιοσυχνότητες και ιδιομορφές 427
Ασκήσεις **429**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 24
Ηλεκτρομαγνητισμός & ηλεκτρικά κυκλώματα **433**

24.1 Ηλεκτρομαγνητισμός 433
24.2 Ανάλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων DC 434
24.3 Ανάλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων AC 436
24.4 Ανάλυση δίθυρων κυκλωμάτων με πινάκες 442
Ασκήσεις **452**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 25
Γραμμικά συστήματα και συναρτήσεις μεταφοράς **455**

25.1 Συνάρτηση μεταφοράς 455
25.2 Γραμμικά συστήματα πρώτης τάξης 457
25.2.1 Χρονική απόκριση συστήματος πρώτης τάξης σε βηματική διέγερση 458
25.2.3 Εύρεση παραμέτρων 459
25.3 Συστήματα δεύτερης τάξης 461
25.3.1 Συνάρτηση μεταφοράς συστήματος δεύτερης τάξης 462
25.3.2 Χρονική απόκριση συστήματος 2ης τάξης σε βηματική διέγερση 462
25.4 Εφαρμογές με συστήματα δεύτερης τάξης 474
25.5 Κρουστική απόκριση 482
25.6 Φαινόμενα μεταφοράς μάζας 490
Ασκήσεις **499**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 26
Απόκριση γραμμικών συστημάτων στο πεδίο των συχνοτήτων 505

26.1 Απόκριση συχνότητας συστήματος πρώτης τάξης 505
26.2 Απόκριση συχνότητας συστήματος δεύτερης τάξης 506
26.3 Το εργαλείο LTIViewer 511
Ασκήσεις 513

Μέρος IV: Ανώτερες Εφαρμογές

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 27
Προγραμματισμός στο Simulink 517

27.1 Εισαγωγή στο περιβάλλον Simulink 517
27.2 Βιβλιοθήκες δομικών στοιχείων του Simulink 518
27.3 Δημιουργία ενός απλού μοντέλου στο Simulink 520
27.4 Εξαγωγή δεδομένων από το περιβάλλον του Simulink 527
27.5 Εισαγωγή δεδομένων στο περιβάλλον Simulink 529
27.6 Παράδειγμα προσομοίωσης στο Simulink 530
27.6.1 Εφαρμογή: Πτώση της πίεσης σε υδραυλικούς σωλήνες 531

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 28
Το εργαλείο Guide 537

28.1 Εισαγωγή στα γραφικά περιβάλλοντα 537
28.2 Το εργαλείο Guide 538
28.3 Συμβάντα –Events και συναρτήσεις Callback 543
28.4 Προγραμματιστικός έλεγχος ιδιοτήτων γραφικών αντικειμένων 545
28.5 Δημιουργία μενού επιλογών 548
28.6 Δημιουργία γραφικού περιβάλλοντος διεπαφής για κύκλωμα R-C 553
28.7 Χρήση γραφικού περιβάλλοντος διεπαφής για την πλατφόρμα Arduino 558

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 29
MATLAB & Arduino 567

29.1 Εισαγωγή στην πλατφόρμα Arduino 567
29.2 Προγραμματισμός μονάδων Arduino στο περιβάλλον MATLAB/Simulink
29.3 Μέτρηση αναλογικού σήματος 570
29.4 Μέτρηση θερμοκρασίας με αισθητήρα LM35 571
29.5 Μέτρηση απόστασης με υπέρυθρο αισθητήρα 573
29.6 Μελέτη αισθητήρα φωτεινής ακτινοβολίας με το περιβάλλον MATLAB 576
29.7 Προγραμματισμός με το περιβάλλον Simulink 577
28.8 Έλεγχος θέσης σερβοκινητήρα 579
29.9 Δημιουργία εφαρμογής ρύθμισης της θερμοκρασίας στο χώρο 581
29.10 Εφαρμογή ρύθμισης φωτεινότητας του χώρου με το Simulink 582

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 30
MATLAB & ψηφιακή λογική με FPGA 585

30.1 MATLAB και FPGA 585
30.2 Υλοποίηση συνδυαστικού κυκλώματος με MATLAB 595

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 31
Αισθητήρες θερμοκρασίας 611

31.1 Θερμίστορ / Μέτρηση θερμοκρασίας εύρεση συντελεστή β και τιμών Steinhart & Hart 611
31.1.1 Η εξίσωση Steinhart & Hart 611
31.2 Υπολογισμός θερμοκρασίας μέσω συντελεστών πολυωνύμου κατά ITS90 σε θερμοζεύγος τύπου K 620

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 32
Βασικά στοιχεία & διατάξεις ηλεκτρονικής 627

32.1 Δίοδος 627
32.2 Επίδραση της θερμοκρασίας στις διόδους 629

32.3 Τρανζίστορ 631
32.4 Μοντέλο Simulink για την εξαγωγή των χαρακτηριστικών καμπύλων ρεύματος συλλέκτη σε διπολικό τρανζίστορ επαφής (BJT) 636
32.5 Μοντέλο Simulink για την προσομοίωση οδήγησης πηνίου ρελέ με διπολικό τρανζίστορ BJT. Εξαγωγή χαρακτηριστικών ρεύματος πηνίου και τάσης συλλέκτη-εκπομπού για μελέτη λειτουργίας. 637
32.6 Τελεστικός ενισχυτής 639
32.7 Μοντέλο Simulink για την προσομοίωση της έναυσης θυρίστορ 642
32.8 Μοντέλο Simulink για την προσομοίωση γέφυρας -H- για την οδήγηση κινητήρα DC 644
32.9 Το ολοκληρωμένο 555 646
32.10 Διαμόρφωση εύρους παλμού με το ολοκληρωμένο 555 649
32.11 Διατάξεις διακοπτόμενης τροφοδοσίας 655
32.12 Κατηγορίες μετατροπέων DC-DC 656
32.12.1 Μετατροπέας DC-DC υποβιβασμού συνεχούς τάσης 656
32.12.2 Μετατροπέας DC-DC ανύψωσης συνεχούς τάσης 657
32.12.3 Μετατροπέας DC-DC ανύψωσης/υποβιβασμού συνεχούς τάσης (Cuk) 659
32.12.4 Διατάξεις διπλασιασμού τάσης 660
32.12.5 Διατάξεις πολλαπλασιασμού τάσης 661
32.12.6 Έλεγχος στροφών κινητήρα συνεχούς με μετατροπέα DC-DC 662

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 33
Σήματα & φίλτρα **667**

33.1 Βασικές συναρτήσεις σημάτων 667
33.2 Φίλτρα 674
33.2.1 Παράμετροι φίλτρων 674
33.2.2 Κατηγορίες φίλτρων 674
33.3 Χαμηλοπερατό φίλτρο RC 674
33.4 Υψιπερατό φίλτρο RC 675
33.5 Φίλτρο διέλευσης ζώνης συχνοτήτων 677
33.6 Φίλτρο αποκοπής ζώνης συχνοτήτων 678
33.7 Συνάρτηση μεταφοράς φίλτρου 679
33.8 Φίλτρο απόκρισης Butterworth 679
33.9 Φίλτρο απόκρισης Chebyshev τύπος 1 και 2 684
33.10 Φίλτρο απόκρισης Elliptic 686
33.11 Ψηφιακά φίλτρα 687
33.12 Κρουστική απόκριση συστήματος 688
33.13 Φίλτρα FIR 690
33.14 Μέθοδος παραθύρου 691
33.15 Μέθοδος ισοϋψών κυματώσεων 692
33.16 Το εργαλείο fdatool 692
33.17 Φίλτρα IIR 696
33.18 Ενεργά φίλτρα με τελεστικό ενισχυτή 697
Ασκήσεις **700**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 34
Θεώρημα δειγματοληψίας Nyquist-Shannon **701**

34.1 Θεώρημα Nyquist-Shannon 701
Ασκήσεις 708

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 35
Δομικά διαγράμματα **709**

35.1 Δομικά διαγράμματα συστημάτων 709
35.2 Σύνδεση συστημάτων 709
35.2.1 Συστήματα σε σειρά 709
35.2.2 Σύνδεση συστημάτων 709
35.2.3 Θετική ανάδραση 709
35.2.4 Αρνητική ανάδραση 710

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 36
Το εργαλείο sptool (Signal Processing Toolbox) **715**

36.1 Το λογισμικό εργαλείο sptool 715
36.2 Εξομάλυνση ηλεκτρικών θορύβων σε σήμα ECG 715

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 37
Χώρος κατάστασης 735

37.1 Εξισώσεις κατάστασης 735
Ασκήσεις 743

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 38
Προγραμματισμός μηχανών καταστάσεων με το εργαλείο Stateflow 745

38.1 Σχεδιασμός μετρητή με Stateflow 745
38.2 Προγραμματισμός Chart 748
Ασκήσεις 755

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 39
Ευστάθεια συστήματος 757

39.1 Έλεγχος ευστάθειας συστημάτων 757
39.2 Κριτήριο ευστάθειας Routh-Hurwitz - Εύρεση τιμών του πίνακα Routh 759
Ασκήσεις 764

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 40
Φωτοβολταϊκή κυψέλη 765

40.1 Παραγωγή καμπυλών I-V και V-P και εύρεση τιμών I, V και P στο μέγιστο σημείο ισχύος 765
40.2 Μοντελοποίηση φωτοβολταϊκού πάνελ μοντέλου SX-50 στο λογισμικό SIMULINK για εξαγωγή χαρακτηριστικών καμπυλών I-V και V-P 765
Ασκήσεις 770

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 41
Εφαρμογές μηχανικής με MATLAB και Simulink 771

41.1 Στοιχεία μηχανών 771
41.2 Σχεδιασμός προφίλ έκκεντρου 771
41.3 Αναλογίες συστημάτων 775
41.4 Υδραυλικά συστήματα 777
41.5 Προσομοίωση αντλίας σταθερής παροχής 778
41.5 1 Υδραυλικός ενεργοποιητής 782
41.6 Υδραυλικό και ηλεκτρικό ανάλογο 785
41.7 Θερμικά συστήματα 787
41.7.1 Αγωγιμότητα (Conduction) μεταξύ μάζας πλακιδίων 787
41.8 Εφελκυσμός 788
Ασκήσεις 790

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 42
Εφαρμογές στη διαστημική μηχανική (Κινήσεις πλανητών και δορυφόρων) 791

42.1 Εφαρμογές στη διαστημική μηχανική 791
Ασκήσεις 801

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 43
Δημιουργία γραφικών παραστάσεων με το εργαλείο MuPAD 803

43.1 Το εργαλείο MuPAD 803
43.2 Εντολές σχεδίασης και παραδείγματα του MuPAD 805
43.3 Περιστροφή γραφικών παραστάσεων 808

Βιβλιογραφία 809
Ευρετήριο 810
Σημειώσεις του αναγνώστη 814