

# Περιεχόμενα

<b>ΜΕΡΟΣ Α'</b>	<b>1</b>
<b>ΣΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΧΡΟΝΟΥ</b>	<b>1</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	<b>3</b>
<b>ΣΗΜΑΤΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΧΡΟΝΟΥ</b>	<b>3</b>
1.1 Εισαγωγή στην Επεξεργασία Σημάτων	3
1.2 Αντικείμενο Κεφαλαίου	4
1.3 Γενική Κατηγοριοποίηση των Χρονικών Σημάτων	5
1.4 Κατηγοριοποίηση Σημάτων ως προς Χρόνο και Πλάτος	5
1.4.1 Σήματα Συνεχούς Χρόνου	6
1.4.2 Σήματα Διακριτού Χρόνου	6
1.5 Μετατροπή Αναλογικού Σήματος σε Ψηφιακό	7
1.6 Χαρακτηριστικές Παράμετροι Σημάτων	8
1.6.1 Κατάταξη Σημάτων ως προς την Ενέργεια και την Ισχύ	9
1.7 Βασικές Πράξεις Σημάτων Συνεχούς Χρόνου	14
1.7.1 Χρονική Μετατόπιση	14
1.7.2 Ανάκλαση	16
1.7.3 Αλλαγή Κλίμακας Χρόνου	17
1.7.4 Πρόσθεση και Πολλαπλασιασμός Σημάτων	19
1.8 Ιδιότητες Σημάτων Συνεχούς Χρόνου	22
1.8.1 Απλά και Στοχαστικά Σήματα	22
1.8.2 Αιτιατά και μη Αιτιατά Σήματα	23
1.8.3 Σήματα Πεπερασμένου Πλάτους	23
1.8.4 Σήματα Πεπερασμένης Διάρκειας και Σήματα Άπειρης Διάρκειας	23
1.8.5 Άρτια και Περιττά Σήματα	23
1.8.6 Περιοδικά και Απεριοδικά Σήματα	28
1.9 Στοιχειώδη Σήματα Συνεχούς Χρόνου	34
1.9.1 Μοναδιαία Βηματική Συνάρτηση	34
1.9.1.1 Ιδιότητες της Μοναδιαίας Βηματικής Συνάρτησης	35
1.9.2 Κρουστική Συνάρτηση ή Συνάρτηση Δέλτα (Dirac)	36
1.9.2.1 Ιδιότητες Μοναδιαίας Κρουστικής Συνάρτησης	38
1.9.3 Η Συνάρτηση Μοναδιαίας Κλίσης (Ράμπα)	40
1.9.4 Εκθετικά Σήματα	46
1.9.4.1 Πραγματικά Εκθετικά Σήματα	47
1.9.4.2 Μιγαδικά Εκθετικά Σήματα	49
1.9.5 Ημιτονοειδή Σήματα	52
1.9.6 Ορθογώνιος (Τετραγωνικός) Παλμός	55
1.9.7 Τριγωνικός Παλμός	56
1.9.8 Συνάρτηση Δειγματοληψίας	58
1.9.9 Τραίνο Κρουστικών Συναρτήσεων (Σήμα Comb)	59
1.10 Άλυτες Ασκήσεις	60

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	<b>65</b>
<b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΧΡΟΝΟΥ</b>	<b>65</b>
2.1 Εισαγωγή	65
2.2 Αντικείμενο Κεφαλαίου	65
2.3 Ορισμός και Κατηγορίες Συστημάτων	66
2.3.1 Συστήματα Συνεχούς Χρόνου	67
2.3.2 Συστήματα Διακριτού Χρόνου	67
2.4 Συνδέσεις Συστημάτων	67
2.5 Είδη Συστημάτων	69
2.5.1 Γραμμικά και Μη Γραμμικά Συστήματα	69
2.5.2 Αιτιατά και Μη Αιτιατά Συστήματα	73
2.5.3 Στατικά και Δυναμικά Συστήματα	75
2.5.4 Χρονικά Αμετάβλητα και Χρονικά Μεταβαλλόμενα Συστήματα	77
2.5.5 Ευσταθή και Ασταθή Συστήματα	82
2.6 Τρόποι Περιγραφής Συστημάτων Συνεχούς Χρόνου	86
2.6.1 Αναπαράσταση Συστήματος με Χρήση Διαφορικών Εξισώσεων	86
2.6.2 Περιγραφή ΓΧΑ Συστήματος με Χρήση της Κρουστικής Απόκρισης	92
2.6.3 Ιδιότητες της Συνέλιξης	94
2.6.3.1 Αντιμεταθετική Ιδιότητα της Συνέλιξης	94
2.6.3.2 Προσεταιριστική Ιδιότητα της Συνέλιξης	95
2.6.3.3 Επιμεριστική Ιδιότητα της Συνέλιξης	96
2.6.3.4 Ταυτοτική Ιδιότητα της Συνέλιξης	96
2.6.3.5 Ιδιότητα Ομογένειας της Συνέλιξης	97
2.6.3.6 Ιδιότητα Εύρους της Συνέλιξης	97
2.6.4 Γραφικός Υπολογισμός του Συνελκτικού Ολοκληρώματος	103
2.6.5 Αναλυτικός Υπολογισμός του Συνελκτικού Ολοκληρώματος	103
2.6.6 Συνέλιξη Γνωστών Σημάτων Συνεχούς Χρόνου	121
2.7 Άλυτες Ασκήσεις	122
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	<b>127</b>
<b>ΑΝΑΛΥΣΗ FOURIER ΣΗΜΑΤΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΧΡΟΝΟΥ</b>	<b>127</b>
3.1 Εισαγωγή	127
3.2 Αντικείμενο Κεφαλαίου	127
3.3 Σειρές Fourier	129
3.3.1 Τριγωνομετρική Α' μορφή	129
3.3.2 Τριγωνομετρική Β' μορφή	130
3.3.3 Εκθετική μορφή	131
3.3.4 Κανονικοποιημένη Ισχύς Αναπτύγματος Fourier	133
3.3.5 Θεώρημα Parseval για Περιοδικές Συναρτήσεις	134
3.4 Μετασχηματισμός Fourier	147
3.4.1 Φυσική Σημασία του Μετασχηματισμού Fourier	149
3.4.2 Συνθήκες Ύπαρξης του Μετασχηματισμού Fourier	150
3.5 Ιδιότητες του Μετασχηματισμού Fourier	163
3.5.1 Γραμμικότητα	163
3.5.2 Ολίσθηση στο Χρόνο	164
3.5.3 Ολίσθηση στη Συχνότητα	165
3.5.4 Αλλαγή Κλίμακας στο Χρόνο	171
3.5.5 Αλλαγή Κλίμακας στη Συχνότητα	171

3.5.6	Ανάκλαση	174
3.5.7	Συζυγία	174
3.5.8	Συμμετρία	174
3.5.9	Ολοκλήρωση	178
3.5.10	Ιδιότητα της Συνέλιξης	179
3.5.11	Πολλαπλασιασμός	180
3.5.12	Άρτιο/Περιττό Μέρος Σήματος - Πραγματικό/Φανταστικό Μέρος Φάσματος	181
3.5.13	Σύνοψη των Ιδιοτήτων του Μετασχηματισμού Fourier	182
<b>3.6</b>	<b>Θεώρημα Parseval</b>	<b>183</b>
<b>3.7</b>	<b>Φαινόμενο Gibbs</b>	<b>185</b>
<b>3.8</b>	<b>Μετασχηματισμοί Fourier Βασικών Συναρτήσεων</b>	<b>188</b>
<b>3.9</b>	<b>Μετασχηματισμός Fourier Σημάτων Ισχύος</b>	<b>188</b>
<b>3.10</b>	<b>Σχέση Σειράς Fourier και Μετασχηματισμού Fourier</b>	<b>194</b>
<b>3.11</b>	<b>Μελέτη ΓΧΑ Συστημάτων με τον Μετασχηματισμό Fourier</b>	<b>196</b>
3.11.1	Απόκριση Συχνότητας ΓΧΑ Συστήματος	196
3.11.2	Αναπαράσταση Πλάτους – Φάσης της Απόκρισης Συχνότητας	197
3.11.3	Απόκριση ΓΧΑ Συστήματος σε Ημιτονοειδή Είσοδο	197
3.11.4	Περιγραφή Γραμμικής Διαφορικής Εξίσωσης με Μετασχηματισμό Fourier	201
<b>3.12</b>	<b>Γραμμικά Φίλτρα</b>	<b>206</b>
3.12.1	Ιδανικό Βαθυπερατό Φίλτρο	206
3.12.2	Ιδανικό Υψιπερατό Φίλτρο	207
3.12.3	Ιδανικό Ζωνοπερατό Φίλτρο	207
3.12.4	Ιδανικό Ζωνοφρακτικό Φίλτρο	208
3.12.5	Χαρακτηριστικές Ιδιότητες Ιδανικών Φίλτρων	208
3.12.6	Συνθήκη Αιτιότητας (Paley – Wiener)	208
3.12.7	Εύρος Ζώνης Συχνότητας Φίλτρων	209
3.12.8	Πρακτικά Φίλτρα	210
<b>3.13</b>	<b>Συνάρτηση Αυτοσυσχέτισης</b>	<b>218</b>
3.13.1	Σήματα Ενέργειας	219
3.13.2	Μετασχηματισμός Fourier Συνάρτησης Αυτοσυσχέτισης	219
3.13.3	Σήματα Ισχύος	220
3.13.4	Περιοδικά Σήματα	221
<b>3.14</b>	<b>Συνάρτηση Ετεροσυσχέτισης</b>	<b>222</b>
3.14.1	Σήματα Πεπερασμένης Ενέργειας	222
3.14.2	Σήματα Άπειρης Ενέργειας	222
3.14.3	Γραφικός Υπολογισμός Ετεροσυσχέτισης	223
<b>3.15</b>	<b>Άλυτες Ασκήσεις</b>	<b>232</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>		<b>237</b>
<b>ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ LAPLACE</b>		<b>237</b>
4.1	Εισαγωγή	237
4.2	Αντικείμενο Κεφαλαίου	238
4.3	Μαθηματικός Ορισμός Μετασχηματισμού Laplace	238
4.4	Περιοχή Σύγκλισης Μετασχηματισμού Laplace	239
4.5	Χρήσιμα Ζεύγη Μετασχηματισμών Laplace	246
4.6	Μελέτη Ευστάθειας ΓΧΑ Συστημάτων	247

<b>4.7</b>	<b>Ιδιότητες του Μετασχηματισμού Laplace</b>	<b>250</b>
4.7.1	Γραμμικότητα	250
4.7.2	Ολίσθηση στον Χρόνο	250
4.7.3	Ολίσθηση στη Μιγαδική Συχνότητα	250
4.7.4	Κλιμάκωση στο Χρόνο και στη Μιγαδική Συχνότητα	250
4.7.5	Μιγαδική Συζυγία	251
4.7.6	Μετασχηματισμός Laplace Παραγώγου	251
4.7.7	Μετασχηματισμός Laplace Ολοκληρώματος	251
4.7.8	Παραγωγή στη Μιγαδική Συχνότητα	251
4.7.9	Ολοκλήρωση στη Μιγαδική Συχνότητα	251
<b>4.8</b>	<b>Θεωρήματα Συνέλιξης στο Χρόνο και στη Συχνότητα</b>	<b>254</b>
4.8.1	Συνέλιξη στο Χρόνο	254
4.8.2	Συνέλιξη στη Μιγαδική Συχνότητα	254
<b>4.9</b>	<b>Θεωρήματα Αρχικής και Τελικής Τιμής</b>	<b>254</b>
<b>4.10</b>	<b>Ο Αντίστροφος Μετασχηματισμός Laplace</b>	<b>255</b>
4.10.1	Μέθοδος Αναπτύγματος σε Απλά Κλάσματα	256
<b>4.11</b>	<b>Επίλυση Γραμμικών Διαφορικών Εξισώσεων με τον Μετασχηματισμό Laplace</b>	<b>264</b>
<b>4.12</b>	<b>Συνάρτηση Μεταφοράς Συστήματος</b>	<b>268</b>
<b>4.13</b>	<b>Βηματική Απόκριση ΓΧΑ Συστήματος</b>	<b>289</b>
<b>4.14</b>	<b>Άλυτες Ασκήσεις</b>	<b>291</b>
<b>ΜΕΡΟΣ Β΄</b>		<b>295</b>
<b>ΣΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΚΡΙΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ</b>		<b>295</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b>		<b>297</b>
<b>ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΡΦΗ</b>		<b>297</b>
<b>5.1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	<b>297</b>
<b>5.2</b>	<b>Αντικείμενο Κεφαλαίου</b>	<b>297</b>
<b>5.3</b>	<b>Διαφορές Αναλογικής και Ψηφιακής Επεξεργασίας Σημάτων</b>	<b>298</b>
<b>5.4</b>	<b>Μετατροπή Αναλογικού Σήματος σε Ψηφιακό</b>	<b>298</b>
5.4.1	Ορισμός Δειγματοληψίας	299
5.4.2	Είδη Δειγματοληψίας	301
5.4.2.1	Ιδανική Δειγματοληψία	301
5.4.2.2	Φυσική Δειγματοληψία ή Δειγματοληψία με Παλμοσειρά	304
5.4.2.3	Δειγματοληψία Επίπεδης Κορυφής	306
5.4.3	Κβαντισμός	314
5.4.3.1	Παράμετροι Κβαντισμού	316
5.4.4	Κωδικοποίηση	317
<b>5.5</b>	<b>Ανακατασκευή Αναλογικού Σήματος από Ψηφιακό</b>	<b>318</b>
<b>5.6</b>	<b>Άλυτες Ασκήσεις</b>	<b>326</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b>		<b>329</b>
<b>ΣΗΜΑΤΑ ΔΙΑΚΡΙΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ</b>		<b>329</b>
<b>6.1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	<b>329</b>
<b>6.2</b>	<b>Αντικείμενο Κεφαλαίου</b>	<b>329</b>
<b>6.3</b>	<b>Σήματα Διακριτού Χρόνου</b>	<b>330</b>
<b>6.4</b>	<b>Θεμελιώδη Σήματα Διακριτού Χρόνου</b>	<b>331</b>

6.4.1	Ακολουθία Μοναδιαίου Βήματος	331
6.4.2	Ακολουθία Μοναδιαίας Κρουστικής (Ωση)	331
6.4.3	Ακολουθία Μοναδιαίας Κλίσης	332
6.4.4	Ανάλυση Σημάτων Διακριτού Χρόνου σε Μοναδιαίες Ωσεις	333
6.4.5	Πραγματική Εκθετική Ακολουθία Διακριτού Χρόνου	334
6.4.6	Μιγαδική Εκθετική Ακολουθία Διακριτού Χρόνου	335
6.4.7	Ημιτονοειδής Ακολουθία	338
<b>6.5</b>	<b>Ταξινόμηση Σημάτων Διακριτού Χρόνου</b>	<b>341</b>
6.5.1	Περιοδικά και Μη-Περιοδικά Σήματα Διακριτού Χρόνου	341
6.5.2	Άρτια και Περιττά Σήματα Διακριτού Χρόνου	343
6.5.3	Σήματα Ενέργειας και Σήματα Ισχύος	347
6.5.4	Αιτιατά και Αντιαιτιατά Σήματα	350
<b>6.6</b>	<b>Πράξεις σε Σήματα Διακριτού Χρόνου</b>	<b>350</b>
6.6.1	Πρόσθεση	350
6.6.2	Πολλαπλασιασμός	351
6.6.3	Κλιμάκωση πλάτους	351
<b>6.7</b>	<b>Μετασχηματισμοί της Ανεξάρτητης Μεταβλητής</b>	<b>351</b>
6.7.1	Χρονική Μετατόπιση	351
6.7.2	Αντιστροφή (ανάκλαση)	351
6.7.3	Κλιμάκωση στο Χρόνο	352
<b>6.8</b>	<b>Άλυτες Ασκήσεις</b>	<b>356</b>
 <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</b>		<b>361</b>
<b>ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΚΡΙΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ</b>		<b>361</b>
<b>7.1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	<b>361</b>
<b>7.2</b>	<b>Αντικείμενο Κεφαλαίου</b>	<b>361</b>
<b>7.3</b>	<b>Ορισμός Συστήματος Διακριτού Χρόνου</b>	<b>362</b>
<b>7.4</b>	<b>Πλεονεκτήματα Συστημάτων Διακριτού Χρόνου</b>	<b>364</b>
<b>7.5</b>	<b>Ταξινόμηση Συστημάτων Διακριτού Χρόνου</b>	<b>364</b>
7.5.1	Αιτιατά Συστήματα	364
7.5.2	Στατικά Συστήματα	364
7.5.3	Χρονικά Αμετάβλητα Συστήματα	365
7.5.4	Ομογενή Συστήματα	366
7.5.5	Γραμμικά Συστήματα	366
7.5.6	Ευσταθή Συστήματα	368
7.5.7	Αντιστρέψιμα Συστήματα	369
<b>7.6</b>	<b>Τρόποι Περιγραφής Συστημάτων Διακριτού Χρόνου</b>	<b>369</b>
7.6.1	Περιγραφή Συστήματος με Διάγραμμα Βαθμίδων	370
7.6.2	Περιγραφή Συστήματος με Συνελκτικό Άθροισμα	371
7.6.3	Περιγραφή Συστήματος με Εξισώσεις Διαφορών	372
7.6.3.1	Αναδρομικά Συστήματα	373
7.6.3.2	Μη-Αναδρομικά Συστήματα	374
<b>7.7</b>	<b>Μελέτη Συστημάτων με τη Μέθοδο της Συνέλιξης</b>	<b>376</b>
7.7.1	Ιδιότητες Συνέλιξης	377
7.7.1.1	Αντιμεταθετική Ιδιότητα	377
7.7.1.2	Προσεταιριστική Ιδιότητα	377
7.7.1.3	Επιμεριστική Ιδιότητα	378
7.7.1.4	Ταυτοτική Ιδιότητα	378

7.7.2	Τρόποι Υπολογισμού της Γραμμικής Συνέλιξης	378
7.7.2.1	Απευθείας υπολογισμός	379
7.7.2.2	Γραφικός Υπολογισμός	380
7.7.2.3	Μέθοδος του πίνακα	383
7.7.2.4	Υπολογισμός με πίνακα Toeplitz	385
7.7.2.5	Υπολογισμός Συνέλιξης στο Matlab	386
7.7.3	Κυκλική Συνέλιξη	390
7.7.3.1	Περιοδική Επέκταση Ακολουθίας	390
7.7.3.2	Περιοδική Συνέλιξη	390
7.7.3.3	Κυκλική Μετατόπιση Ακολουθίας	393
7.7.3.4	Υπολογισμός της Κυκλικής Συνέλιξης	394
7.8	<b>Μελέτη Συστημάτων με Εξισώσεις Διαφορών</b>	396
7.8.1	Μέθοδος Εύρεσης Ομογενούς και Μερικής Λύσης	396
7.9	<b>Άλυτες Ασκήσεις</b>	406
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8</b>		<b>411</b>
<b>ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ Z</b>		<b>411</b>
8.1	Εισαγωγή	411
8.2	Αντικείμενο Κεφαλαίου	411
8.3	Αμφίπλευρος Μετασχηματισμός Z	412
8.4	Περιοχή Σύγκλισης	413
8.5	Σχέση Μετασχηματισμού Z με άλλους Μετασχηματισμούς	420
8.5.1	Με τον Μετασχηματισμό Fourier	420
8.5.2	Με τον Μετασχηματισμό Laplace	421
8.6	Μονόπλευρος Μετασχηματισμός Z	422
8.7	Χρήσιμα Ζεύγη Μετασχηματισμών Z και Περιοχές Σύγκλισης (ROC)	423
8.8	Ιδιότητες Μετασχηματισμού Z	423
8.8.1	Γραμμικότητα	423
8.8.2	Μετατόπιση στο Χρόνο (Ολίσθηση Δειγμάτων)	423
8.8.3	Αντιστροφή στο Χρόνο (αναδίπλωση)	425
8.8.4	Κλιμάκωση στο Χρόνο	425
8.8.5	Κλιμάκωση στη μιγαδική συχνότητα	426
8.8.6	Θεώρημα Συνέλιξης	426
8.8.7	Παραγωγή στο Πεδίο z	427
8.8.8	Μιγαδική Συζυγία	427
8.8.9	Πολλαπλασιασμός Σημάτων	428
8.8.10	Θεώρημα Αρχικής Τιμής	428
8.8.11	Θεώρημα Τελικής Τιμής	428
8.9	<b>Πόλοι και Μηδενικά του Μετασχηματισμού Z</b>	428
8.10	<b>Αντίστροφος Μετασχηματισμός Z</b>	430
8.10.1	Μέθοδος Αναπτύγματος σε Μορφή Δυναμοσειράς	430
8.10.2	Μέθοδος αναπτύγματος σε άθροισμα μερικών κλασμάτων	431
8.10.3	Εύρεση αναπτύγματος μερικών κλασμάτων στο Matlab	438
8.11	<b>Περιγραφή Συστήματος Διακριτού Χρόνου στο Πεδίο-Z</b>	441
8.11.1	Ορισμός Συνάρτησης Μεταφοράς	441
8.11.2	Σχέση μεταξύ Συνάρτησης Μεταφοράς και Εξίσωσης Διαφορών	443
8.11.3	Απόκριση Συχνότητας	447
8.11.4	Πόλοι και Μηδενικά της Συνάρτησης Μεταφοράς	449

8.11.5	Συστήματα Μόνο Πόλων και Μόνο Μηδενικών	451
8.11.6	Θεωρήματα Αιτιότητας και Ευστάθειας Συστημάτων	452
<b>8.12</b>	<b>Επίλυση Εξισώσεων Διαφορών</b>	<b>456</b>
8.12.1	Παρουσίαση Μεθοδολογίας	456
<b>8.13</b>	<b>Μελέτη Συστημάτων Διακριτού Χρόνου στο Χώρο Κατάστασης</b>	<b>462</b>
8.13.1	Παρουσίαση Μεθοδολογίας	462
8.13.2	Επίλυση Δυναμικών Εξισώσεων	464
<b>8.14</b>	<b>Δομές Συστημάτων Διακριτού Χρόνου</b>	<b>466</b>
8.14.1	Φίλτρα Άπειρης Κρουστικής Απόκρισης (IIR)	466
8.14.1.1	Ευθεία Μορφή I	467
8.14.1.2	Ευθεία Μορφή II	468
8.14.1.3	Μορφή Καταρράκτη	471
8.14.1.4	Παράλληλη Μορφή	472
8.14.2	Φίλτρα Πεπερασμένης Κρουστικής Απόκρισης (FIR)	473
8.14.2.1	Ευθεία Μορφή	474
8.14.2.2	Μορφή Καταρράκτη	475
8.14.2.3	Μορφή Γραμμικής Φάσης	476
8.14.2.4	Μορφή Δειγματοληψίας Συχνότητας	477
8.14.3	Φίλτρα Πλέγματος	478
8.14.3.1	Φίλτρο πλέγματος τύπου FIR (Lattice FIR)	478
8.14.3.2	Φίλτρο πλέγματος μόνο πόλων (Lattice All Pole)	482
8.14.3.3	Φίλτρο πλέγματος τύπου IIR (Lattice IIR)	484
<b>8.15</b>	<b>Άλυτες Ασκήσεις</b>	<b>487</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9</b>		<b>493</b>
<b>ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ FOURIER ΔΙΑΚΡΙΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ (DTFT)</b>		<b>493</b>
9.1	Εισαγωγή	493
9.2	Αντικείμενο Κεφαλαίου	493
9.3	Μετασχηματισμός Fourier Διακριτού Χρόνου	494
9.4	Χρήσιμα Ζεύγη DTFT	499
9.5	Ιδιότητες DTFT	499
9.5.1	Περιοδικότητα	499
9.5.2	Συμμετρία και Συζυγία	500
9.5.3	Γραμμικότητα	503
9.5.4	Αντιστροφή στο Χρόνο	504
9.5.5	Μετατόπιση στο Χρόνο	504
9.5.6	Μετατόπιση στη συχνότητα	507
9.5.7	Διαφόριση στη συχνότητα	509
9.5.8	Θεώρημα Συνέλιξης	509
9.5.9	Περιοδική Συνέλιξη	511
9.5.10	Συσχέτιση	511
9.5.11	Θεώρημα Parseval	511
9.6	Σχέση DTFT με άλλους Μετασχηματισμούς	512
9.6.1	Με τον Μετασχηματισμό Fourier	512
9.6.2	Με τον Μετασχηματισμό Z	514
9.7	Μετατροπή Ρυθμού Δειγματοληψίας	516
9.7.1	Υποδειγματοληψία	516
9.7.2	Υπερδειγματοληψία	519

9.7.3	Μετατροπή Ρυθμού Δειγματοληψίας κατά Ρητό Συντελεστή	520
<b>9.8</b>	<b>Η Απόκριση Συχνότητας</b>	<b>521</b>
<b>9.9</b>	<b>Ιδιότητες Απόκρισης Συχνότητας</b>	<b>523</b>
9.9.1	Περιοδικότητα	523
9.9.2	Συμμετρία	524
<b>9.10</b>	<b>Εφαρμογές DTFT</b>	<b>527</b>
9.10.1	Υπολογισμός Απόκρισης Συχνότητας μέσω Εξίσωσης Διαφορών	527
9.10.2	Επίλυση Εξισώσεων Διαφορών	530
9.10.3	Αντίστροφα Συστήματα	532
<b>9.11</b>	<b>Συνδεσμολογίες Συστημάτων Διακριτού Χρόνου</b>	<b>533</b>
9.11.1	Σύνδεση σε Σειρά	533
9.11.2	Παράλληλη Σύνδεση	534
9.11.3	Σύνδεση με Ανάδραση	534
<b>9.12</b>	<b>Άλυτες Ασκήσεις</b>	<b>538</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10</b>		<b>543</b>
<b>ΔΙΑΚΡΙΤΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ FOURIER (DFT)</b>		<b>543</b>
<b>10.1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	<b>543</b>
<b>10.2</b>	<b>Αντικείμενο Κεφαλαίου</b>	<b>543</b>
<b>10.3</b>	<b>Διακριτή Σειρά Fourier (DFS)</b>	<b>544</b>
<b>10.4</b>	<b>Διακριτός Μετασχηματισμός Fourier (DFT)</b>	<b>545</b>
10.4.1	Παράγοντες Φάσης	546
10.4.2	Φάσματα Πλάτους και Φάσης	547
<b>10.5</b>	<b>Σχέση Διακριτού Μετασχηματισμού Fourier με άλλους Μετασχηματισμούς</b>	<b>550</b>
10.5.1	Με τον Μετασχηματισμό Fourier Διακριτού Χρόνου (DTFT)	550
10.5.2	Με τον Μετασχηματισμό Z	556
<b>10.6</b>	<b>Υπολογισμός του DFT με Πίνακες</b>	<b>557</b>
<b>10.7</b>	<b>Ιδιότητες DFT</b>	<b>559</b>
10.7.1	Γραμμικότητα	559
10.7.2	Κυκλική Αναδίπλωση στο Χρόνο	560
10.7.3	Κυκλική Μετατόπιση στο Χρόνο	561
10.7.4	Συζυγία	563
10.7.5	Συμμετρία του DFT για Πραγματικές Ακολουθίες	563
10.7.6	Συμμετρία του DFT για Μιγαδικές Ακολουθίες	566
10.7.7	Κυκλική Μετατόπιση στη Συχνότητα	567
10.7.8	Κυκλική Συνέλιξη	568
10.7.9	Πολλαπλασιασμός Ακολουθιών	570
10.7.10	Θεώρημα Parseval	571
<b>10.8</b>	<b>Σχέση Κυκλικής Συνέλιξης με Γραμμική Συνέλιξη</b>	<b>572</b>
<b>10.9</b>	<b>Υπολογισμός του DFT κατά Τμήματα</b>	<b>574</b>
<b>10.10</b>	<b>Υπολογισμός της Συνέλιξης κατά Τμήματα</b>	<b>574</b>
10.10.1	Μέθοδος Επικάλυψης – Κράτησης (overlap-save)	575
10.10.2	Μέθοδος Επικάλυψης – Πρόσθεσης (overlap-add)	577
<b>10.11</b>	<b>Γρήγορος Μετασχηματισμός Fourier (FFT)</b>	<b>579</b>
10.11.1	Αλγόριθμος FFT Διαίρεσης στο Χρόνο (Radix-2)	579
10.11.2	Αλγόριθμος FFT Διαίρεσης στη Συχνότητα (Radix-2)	583
<b>10.12</b>	<b>Συναρτήσεις Παραθύρων</b>	<b>585</b>

10.12.1 Το Ορθογώνιο Παράθυρο	586
10.12.2 Το Τριγωνικό Παράθυρο (Bartlett)	588
10.12.3 Το Παράθυρο Hanning	588
10.12.4 Το Παράθυρο Hamming	589
10.12.5 Το Παράθυρο Blackman	590
10.12.6 Το Παράθυρο Kaiser	590
<b>10.13 Άλυτες Ασκήσεις</b>	<b>593</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11</b>	<b>597</b>
<b>ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΦΙΛΤΡΩΝ</b>	<b>597</b>
<b>11.1 Εισαγωγή</b>	<b>597</b>
<b>11.2 Αντικείμενο Κεφαλαίου</b>	<b>597</b>
<b>11.3 Ψηφιακά Φίλτρα</b>	<b>598</b>
11.3.1 Έλεγχος Απολαβής (Κέρδος) Φίλτρου	600
11.3.2 Φίλτρα Ελάχιστης και Μέγιστης Φάσης	601
11.3.3 Φίλτρα Γραμμικής Φάσης	601
11.3.4 Ιδανικά Φίλτρα Επιλογής Συχνοτήτων	602
<b>11.4 Προδιαγραφές Ψηφιακών Φίλτρων</b>	<b>603</b>
<b>11.5 Φίλτρα Πεπερασμένης Κρουστικής Απόκρισης (FIR)</b>	<b>605</b>
11.5.1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα FIR Φίλτρων	607
11.5.2 Τύποι FIR Φίλτρων Γραμμικής Φάσης	608
11.5.3 Μέθοδοι Σχεδίασης FIR Φίλτρων	610
11.5.4 Μέθοδος Παραθύρων	611
11.5.5 Μέθοδος Δειγματοληψίας στη Συχνότητα	619
11.5.6 Μέθοδος Άριστης Σχεδίασης (Ισοκυματική Μέθοδος)	623
11.5.7 Προσδιορισμός Τάξης Φίλτρου	626
<b>11.6 Φίλτρα Άπειρης Κρουστικής Απόκρισης (IIR)</b>	<b>634</b>
11.6.1 Μέθοδοι Σχεδίασης IIR Φίλτρων	636
11.6.2 Σχεδίαση με Άμεση Τοποθέτηση Πόλων και Μηδενικών	637
11.6.3 Πρότυπο Αναλογικό Βαθυπερατό Φίλτρο	640
11.6.3.1 Βαθυπερατό Φίλτρο Butterworth	643
11.6.3.2 Βαθυπερατό Φίλτρο Chebyshev Τύπου I και II	648
11.6.3.3 Βαθυπερατό Ελλειπτικό Φίλτρο	650
11.6.4 Μέθοδος Αμετάβλητης Κρουστικής Απόκρισης	651
11.6.5 Μέθοδος Διγραμμικού Μετασχηματισμού	661
11.6.6 Μετασχηματισμοί Συχνότητας	667
11.6.6.1 Από Βαθυπερατό Αναλογικό σε Αναλογικό Επιλογής Συχνοτήτων	668
11.6.6.2 Από Βαθυπερατό Ψηφιακό σε Ψηφιακό Επιλογής Συχνοτήτων	668
11.6.7 Επίδραση Πεπερασμένου Μήκους Λέξης στην Ακρίβεια των Φίλτρων	671
<b>11.7 Άλυτες Ασκήσεις</b>	<b>674</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12</b>	<b>679</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ MATLAB</b>	<b>679</b>
<b>12.1 Εισαγωγή</b>	<b>679</b>
<b>12.2 Το περιβάλλον εργασίας του Matlab</b>	<b>680</b>
<b>12.3 Εισαγωγή στη γλώσσα Matlab</b>	<b>681</b>
12.3.1 Απλές πράξεις με Matlab	681
12.3.2 Εκχώρηση τιμών σε μεταβλητές	682

12.3.3	Εντολές who και whos	682
12.3.4	Ενσωματωμένες συναρτήσεις και σταθερές Matlab	683
12.3.5	Μορφή μεταβλητών	685
12.3.6	Διανύσματα	686
12.3.7	Πράξεις με διανύσματα	688
12.3.8	Διανύσματα Στήλης και Πίνακες	689
12.3.9	Πολλαπλασιασμός Πινάκων	691
12.3.10	Χρήσιμες συναρτήσεις για τη δημιουργία πινάκων	692
<b>12.4</b>	<b>Η εργαλειοθήκη Symbolic</b>	<b>693</b>
12.4.1	Συμβολικές μεταβλητές	693
12.4.2	Παραγωγή συμβολικών συναρτήσεων και επίλυση εξισώσεων	693
12.4.3	Ολοκλήρωση Συμβολικών Συναρτήσεων	694
12.4.4	Συμβολικό άθροισμα σειράς	695
12.4.5	Γραφικές Παραστάσεις με τις συναρτήσεις ezplot() και plot()	695
12.4.6	Χρήσιμες συναρτήσεις για την μορφοποίηση των γραφημάτων	699
<b>12.5</b>	<b>Άλυτες Ασκήσεις</b>	<b>699</b>
<b>BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>		<b>701</b>
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ MATLAB</b>		<b>704</b>
<b>ΑΓΓΛΙΚΟ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ</b>		<b>705</b>
<b>ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ</b>		<b>707</b>