

Περιεχόμενα

1 Μετασχηματισμός Z	23
1.1 Μετατροπή στο πεδίο Z	23
1.1.1 Εισαγωγή	23
1.1.2 Αιτιατή Ακολουθία	24
1.1.3 Μη Αιτιατή Ακολουθία	25
1.1.4 Γενική Ακολουθία	26
1.2 Ιδιότητες του μετασχηματισμού Z	30
1.2.1 Γραμμικότητα	30
1.2.2 Μετατόπιση δεξιά στο πεδίο χρόνου - Καθυστέρηση	30
1.2.3 Μετατόπιση αριστερά στο πεδίο χρόνου - προπορεία	31
1.2.4 Αθροισμα πεπερασμένης σειράς	31
1.2.5 Πολλαπλασιασμός επί a^k - αλλαγή κλίμακας z	32
1.2.6 Backward difference	32
1.2.7 Forward difference	32
1.2.8 Θεώρημα αρχικής τιμής	33
1.2.9 Θεώρημα τελικής τιμής	33
1.2.10 Πολλαπλασιασμός επί x στο πεδίο χρόνου - Μιγαδικός παραγωγισμός	34
1.2.11 Διαίρεση διά x - Μιγαδική ολοκλήρωση	35
1.2.12 Συνάρτηση μεταφοράς - Συνέλιξη	36
1.3 Αντίστροφος Μετασχηματισμός Z	40
1.3.1 Εισαγωγή	40
1.3.2 Μέθοδος Διαίρεσης (ανάπτυξη δυναμοσειράς)	40
1.3.3 Μέθοδος ανάπτυξης σε άθροισμα μερικών κλασμάτων	41
1.4 Μέθοδος Μιγαδικής Ολοκλήρωσης	45

1.5	Μετασχηματισμός Z αναλογικών σημάτων	51
1.6	Συν. μετ. δειγματοληπτικών συστημάτων	53
1.7	Ασκήσεις	58
2	Υλοποίηση Ψηφιακών Ελεγκτών	63
2.1	Εξισώσεις Εσωτερικών Καταστάσεων	63
2.1.1	Εισαγωγή	63
2.1.2	Εξισώσεις Διαφοράς	64
2.1.3	Ευθεία μορφή	65
2.1.4	Κανονική Μορφή	66
2.1.5	Μέθοδος υλοποίησης σε σειρά	69
2.1.6	Παράλληλη μορφή ή μέθοδος μερικών κλασμάτων	72
2.2	Λύση Διακριτών Εξισώσεων Κατάστασης	75
2.2.1	Η λύση στο πεδίο χρόνου	75
2.2.2	Λύση στο μιγαδικό πεδίο Z	76
2.3	Ασκήσεις	80
3	Μέθοδοι Διακεκριμενοποίησης	83
3.1	Εισαγωγή	83
3.2	Μέθοδος μετασχηματισμού Z	85
3.3	Εκθετική	88
3.4	Διαφορά προς τα μπρός	93
3.5	Διαφορά προς τα πίσω	94
3.6	Tustin	98
3.7	Step Invariant	107
3.8	Ταίριασμα πόλων-μηδενικών	109
3.9	Μοντέλο παραγωγικής Διεργασίας	112
3.9.1	ZOH	112
3.9.2	Ταίριασμα Πόλων/Μηδενικών	115
3.10	Ασκήσεις	119
4	Ανάλυση με Εξισώσεις Κατάστασης	121
4.1	Εισαγωγή	121
4.2	D/A	123
4.2.1	Κύκλωμα συγκράτησης μηδενικού βαθμού	123
4.2.2	Κύκλωμα Συγκράτησης πρώτου βαθμού	125
4.3	Ανάλυση διακριτών συστημάτων	128

4.3.1	Ανοιχτό Κύκλωμα	128
4.4	Ανάλυση κλειστών διακριτών συστημάτων	139
4.4.1	Περίπτωση 1. $Hc = Gc = 1$	140
4.4.2	Περίπτωση 2. $Hc(s) = 1$	141
4.4.3	Περίπτωση 3. Ολοκληρωμένο σύστημα	143
4.5	Αλγόριθμος Υπολογισμού πινάκων $A(T)$, $B(T)$	149
4.6	Ασκήσεις	152
5	Ευστάθεια Διακριτών Συστημάτων	153
5.1	Εισαγωγή	153
5.2	Κριτήριο Μοναδιαίου Κύκλου	154
5.3	Κριτήριο Jury	157
5.4	Τροποποιημένο κριτήριο Routh Hurwitz	162
5.5	Γεωμετρικός Τόπος Ριζών	163
5.6	Διάγραμμα <i>Nyquist</i>	171
5.6.1	Περιώρια Ενίσχυσης και φάσης	172
5.7	Διάγραμμα Bode	174
5.8	Ασκήσεις	182
6	Σχεδίαση Ψηφιακών Ελεγκτών	183
6.1	Εισαγωγή	183
6.2	Σχεδίαση από αναλογικά πρότυπα	184
6.3	Σχεδίαση στο διακριτό πεδίο	188
6.3.1	Ελεγκτές δύο καταστάσεων	194
6.4	Γ.Τ.Ρ. στο διακριτό πεδίο	200
6.4.1	Συσχέτιση συντελεστού απόσβεσης	201
6.4.2	Συσχέτιση μόνιμου σφάλματος	203
6.4.3	Συσχέτιση χρόνου αποκατάστασης	203
6.5	Επίδραση διαταραχών στο φυσικό σύστημα	210
6.6	Έλεγχος με Ανάδραση Μεταβλητών Κατάστασης	214
6.6.1	Ελέγξιμο	214
6.6.2	Παρατηρήσιμο	218
6.6.3	Τοποθέτηση Πόλων	222
6.6.4	Σταθεροποίηση συστήματος	224
6.6.5	Μετασχηματισμός σε Ελέγξιμη μορφή	230
6.6.6	Μετατόπιση πόλων συστήματος ελέγξιμης μορφής	231
6.7	Έλεγχος <i>deadbeat</i>	235

6.8	Έλεγχος με Ολοκληρωτή	242
6.9	Παρατηρητής Luenberger	248
6.9.1	Αλγόριθμος μετατόπισης πόλων	251
6.9.2	Παρατηρητής Μειωμένου Βαθμού	254
6.10	Ασκήσεις	260
6.11	Προγράμματα <i>Matlab</i>	261
7	Σχεδίαση Ελεγκτών PID	265
7.1	Εισαγωγή	265
7.2	Ελεγκτής τριών όρων	266
7.3	Βαθμονόμιση ελεγκτή PID	271
7.3.1	Εναλλακτικές μορφές PID	274
7.4	Βαθμονόμιση με ηλεκτρονόμο	277
7.4.1	Ανάλυση με περιγραφική συνάρτηση	285
7.5	Αυτορυθμιζόμενος PID με ηλεκτρονόμο	287
7.6	Σχεδίαση ελεγκτή PI στο πεδίο συχνότητας	288
7.7	Διακριτός PID	291
7.7.1	Συχνότητα δειγματοληψίας	297
7.8	Ασκήσεις	308
A'	Αναλογικά Συστήματα	311
A'.1	Εισαγωγή	311
A'.2	Συνέλιξη	313
A'.3	Συσχέτιση	321
A'.4	Δευτεροβάθμια αναλογικά Συστήματα	324
A'.4.1	Περιθώριο φάσης και κέρδους	327
B'	Cayley–Hamilton	331
B'.1	Θεώρημα Caley-Hamilton	331
B'.2	Εφαρμογές	331
Γ'	Εξισώσεις Μεταβλητών Κατάστασης	337
Γ'.1	Ευθεία μέθοδος	337
Γ'.2	Ελέγξιμη μορφή	339
Γ'.3	Παρατηρήσιμη μορφή	342