

Predhovor	3
1 Riadiace systémy so vzorkovaním	9
1.1 Lineárne dynamické systémy	9
1.2 Vzorkovanie a kvantovanie veličín	10
1.2.1 Model vzorkovacieho člena	11
1.2.2 Model tvarovacieho člena	12
1.2.3 Model vzorkovaného spojitého systému	13
1.3 Perióda vzorkovania	17
1.3.1 Shannonova – Kotelnikovova veta	17
1.3.2 Odhad veľkosti periódy vzorkovania	21
1.4 Frekvenčné vlastnosti diskrétnych systémov	23
1.4.1 Frekvenčná charakteristika tvarovacieho člena	23
1.4.2 Vlastnosti frekvenčnej charakteristiky systému	23
1.4.3 Diskrétna Fourierova transformácia	24
1.4.4 Frekvenčná charakteristika diskrétného systému	27
2 Prostriedky opisu diskrétnych systémov	31
2.1 Stavový opis diskrétnych systémov	31
2.2 Parametre stavového opisu	33
2.3 Diskrétna prenosová funkcia	36
2.4 Približné metódy výpočtu parametrov	39
2.4.1 Aproximácia doprednou diferenciou	39
2.4.2 Aproximácia spätnou diferenciou	40
2.4.3 Aproximácia priemernou hodnotou integrálu	42
2.5 Riaditeľnosť stavov systému	45
2.6 Rekonštruovateľnosť stavov systému	47
2.7 Transformácia stavového opisu	49
2.7.1 Transformácia na normálnu formu riaditeľnosti	50
2.7.2 Transformácia na normálnu formu rekonštruovateľnosti	52
2.8 Systém s dopravným oneskorením	54
2.8.1 Celočíselný násobok periódy vzorkovania	55
2.8.2 Neceločíselný násobok periódy vzorkovania	58
2.9 MIMO systémy	64

2.9.1	Diskrétny stavový opis MIMO systémov	64
2.9.2	Riaditeľnosť a pozorovateľnosť	67
2.9.3	Stavový opis a prenosové funkcie	70
3	Stabilita diskretných systémov	73
3.1	Asymptotická stabilita	73
3.2	Ljapunovovo kritérium	74
3.2.1	Prvá Ljapunovova metóda	74
3.2.2	Druhá Ljapunovova metóda	75
3.2.3	Ljapunovova rovnica	75
3.3	Vlastné hodnoty matice dynamiky	77
3.4	Korene charakteristickej rovnice	79
3.5	Algebraické kritériá stability	80
3.5.1	Schurov – Cohnov test	80
3.5.2	Juryho – Mardenov test	84
4	Syntéza stavového riadenia	87
4.1	Stavová spätná väzba v systémoch SISO	87
4.2	Riadenie do rovnovážneho stavu	88
4.2.1	Syntéza v štruktúre normálnej formy riaditeľnosti	89
4.2.2	Ackermannova rovnica	92
4.2.3	Syntéza pomocou SVD rozkladu	94
4.2.4	Konečné časovo-optimálne riadenie	98
4.3	Riadenie na ustálený stav	99
4.3.1	Návrh zosilnenia N	99
4.3.2	Odstránenie statickej chyby	103
4.4	Výstupné stavové riadenie	107
4.5	Modálne riadenie	111
4.6	Stavová spätná väzba v systémoch MIMO	113
4.6.1	Riadenie do rovnovážneho stavu	113
4.6.2	Riadenie na ustálený stav	116
4.6.3	Výstupné stavové riadenie	118
4.6.4	Modálne riadenie	123
4.6.5	Robustné riadenie	129
5	Deterministické estimátory stavu systému	137
5.1	Estimátory stavu v systémoch SISO	137
5.1.1	Luenbergerov estimátor	137
5.1.2	Syntéza v štruktúre normálnej formy rekonštruovateľnosti	138
5.1.3	Ackermannova rovnica	141
5.1.4	Princíp duálnosti	144
5.1.5	Syntéza pomocou SVD rozkladu	145
5.1.6	Estimátor s konečnou impulzovou charakteristikou	149
5.1.7	Estimátor redukovaného rádu	149
5.1.8	Estimátor poruchy	153
5.2	Riadenie na ustálený stav	156

5.2.1	Princíp separovateľnosti	156
5.2.2	Návrh zosilnenia N	157
5.3	Estimátory stavu v systémoch MIMO	159
5.3.1	Syntéza pomocou SVD rozkladu	159
5.3.2	Riadenie na ustálený stav	164
5.3.3	Estimátor redukovaného rádu	165
6	Optimálne diskkrétne systémy	169
6.1	Lineárne kvadratické riadenie	169
6.1.1	Riadenie do rovnovážneho stavu	169
6.1.2	Riadenie na ustálený stav	174
6.1.3	Umiestnenie vlastných hodnôt	176
6.2	LQG riadenie	179
6.2.1	Kalmanov prediktor	179
6.2.2	Umiestnenie vlastných hodnôt	182
6.2.3	LQG riadenie	186
7	Syntéza dynamických riadiacich členov	187
7.1	Prenosová funkcia uzavretého obvodu	187
7.2	Syntéza pomocou transformácie $\mathcal{Z}$	189
7.2.1	Posunuté vzorkovanie	189
7.2.2	Diskkrétne prenosové funkcie	190
7.2.3	Stabilné časovo-optimálne riadenie	191
7.2.4	Konečné časovo-optimálne riadenie	192
7.3	Algebraické metódy syntézy pre SISO systémy	193
7.3.1	Kauzálnosť v diskrétnych systémoch	193
7.3.2	Stabilizujúce riadenie	196
7.3.3	Časovo optimálne riadenie	199
7.3.4	Štruktúrované časovo optimálne riadenie	203
7.3.5	Kvadraticky optimálne riadenie	205
7.3.6	Štruktúrované kvadraticky optimálne riadenie	210
7.4	Algebraické metódy syntézy pre MIMO systémy	215
7.4.1	Polynomiálne matice a maticové rovnice	215
7.4.2	Diskkrétne maticové prenosové funkcie	216
7.4.3	Maticová prenosová funkcia uzavretého obvodu	218
7.4.4	Stabilizujúce riadenie	220
A	Stavový opis spojitých systémov	223
A.1	Štandardné tvary stavového opisu	223
A.1.1	Prvá Frobeniova forma	223
A.1.2	Prvá duálna Frobeniova forma	228
A.1.3	Druhá Frobeniova forma	231
A.1.4	Druhá duálna Frobeniova forma	236
A.1.5	Jordanova forma	240
A.1.6	Duálna Jordanova forma	247
A.2	Základné vlastnosti stavového opisu	254

A.2.1	Stavový opis a prenosová funkcia	254
A.2.2	Stavový opis systémov s dopravným oneskorením	258
A.2.3	Transformácia stavového opisu	259
A.2.4	Transformácia na normálnu formu riaditeľnosti	263
A.2.5	Transformácia na normálnu formu rekonštruovateľnosti	266
A.2.6	Transformácia na normálnu formu dosiahnuteľnosti	269
A.2.7	Transformácia na normálnu formu pozorovateľnosti	271
A.2.8	Transformácia na Jordanov tvar matice dynamiky	273
A.2.9	Transformácia na Frobeniov tvar matice dynamiky	278
A.3	MIMO systémy	283
A.3.1	Stavový opis MIMO systémov	283
A.3.2	Stavový opis a prenosové funkcie	283
B	Diskrétna realizácia PID algoritmov	287
B.1	Aproximácia operátorov s a $\frac{1}{s}$	287
B.1.1	Diskrétna aproximácia derivácie	288
B.1.2	Diskrétna aproximácia integrálu	288
B.1.3	Diskrétna aproximácia integrálu priemernou hodnotou	289
B.1.4	Simpsonova diskrétna aproximácia integrálu	290
B.2	Diskrétny algoritmus PID	291
B.2.1	Rýchlostný algoritmus	291
B.2.2	Rýchlostný algoritmus s pseudointegráciou	293
B.2.3	Algoritmus s dvojnásobnou pseudointegráciou	294
B.3	Algoritmus s filtráciou šumu	295
B.4	Offset integračnej zložky	296
	Literatúra	299