

OBSAH

	SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK	12
1.	ÚVOD	17
1.1.	Definice robota	18
1.2.	Obecné vlastnosti čidel a snímačů	25
1.3.	Model čidla	28
1.4.	Čidla v systému robota	32
2.	ČIDLA ČLOVĚKA	36
2.1.	Zraková čidla	37
2.1.1.	Úvod	37
2.1.2.	Oko	37
2.1.3.	Sítnice (retina)	38
2.1.4.	Výstupní signály	39
2.1.5.	Základní vlastnosti oka	41
2.1.6.	Okohybný systém	42
2.1.7.	Shrnutí	43
2.2.	Sluchová čidla	43
2.2.1.	Úvod	43
2.2.2.	Ucho	45
2.2.3.	Princip činnosti	46
2.2.4.	Výstupní signály	48
2.2.5.	Základní vlastnosti ucha	49
2.3.	Čidla polohy a zrychlení	50
2.4.	Hmatová čidla	52
2.4.1.	Obecné vlastnosti kůže	52
2.4.2.	Vlastní struktura kůže	53
2.4.3.	Receptory kůže	53
2.5.	Přenos signálu z čidla	54
2.6.	Srovnání čidel člověka a robota	56
3.	ČIDLA SVĚTELNÉHO ZÁŘENÍ	58
3.1.1.	Rozdělení	58
3.1.2.	Základní charakteristiky	59
3.2.	Fotorezistory	61
3.2.1.	Princip	61
3.2.2.	Materiál fotorezistorů	63
3.2.3.	Základní charakteristiky fotorezistorů	64
3.3.	Fotodiody	67
3.3.1.	Princip	67
3.3.2.	Pracovní režim fotodiod	68
3.3.3.	Základní typy fotodiod	71

3.3.4.	Materiál fotodiod	76
3.4.	Fototranzistory	76
3.5.	Fototyristory	77
3.6.	Řadová a maticová čidla	79
3.6.1.	Čidla jednoduchá	79
3.6.2.	Integrovaná čidla	79
3.6.3.	Základní způsoby sběru signálu	80
3.6.4.	Nábojově vázaná čidla	83
3.6.5.	Princip čidla	84
3.6.6.	Konstrukce snímače CCD	86
3.7.	Použití světelných čidel u robotických systémů	89
4.	ČIDLA INFRAČERVENÉHO ZÁŘENÍ	94
4.1.1.	Rozdělení čidel infračerveného záření	94
4.1.2.	Základní vlastnosti čidel	94
4.2.	Čidla odporová	96
4.2.1.	Fotorezistory	97
4.2.2.	Fotodiody	98
4.2.3.	Kovové bolometry	98
4.2.4.	Polovodičové bolometry	99
4.2.5.	Chlazené bolometry	100
4.3.	Čidla termoelektrická	101
4.4.	Čidla pyroelektrická	102
4.4.1.	Princip čidla	102
4.4.2.	Materiál a konstrukce čidla	103
4.5.	Čidla speciální	105
4.5.1.	Čidlo fotomagnetoelektrické	106
4.5.2.	Čidla pneumatická	106
4.6.	Čidla řadová, maticová	107
4.7.	Vlastnosti optického systému	107
4.7.1.	Obecné požadavky	107
4.7.2.	Optické materiály	108
4.7.3.	Zrcadlová optika	111
4.7.4.	Vliv prostředí	112
4.8.	Příklady použití u robotických systémů	114
5.	SVĚTLOVODNÁ ČIDLA	116
5.1.	Vlastnosti světlovodů	116
5.1.1.	Rozdělení světlovodů	116
5.1.2.	Optické parametry světlovodů	117
5.1.3.	Materiál světlovodu	118
5.1.4.	Spojování světlovodů	122
5.2.	Světlovod jako čidlo	123
5.2.1.	Rozdělení světlovodných čidel	123
5.2.2.	Světlovodná čidla polohy a posunutí	125
5.2.3.	Světlovodná čidla tlaku	126
5.2.4.	Světlovodná čidla deformace	130
5.2.5.	Světlovodná čidla úhlové rychlosti	131
5.2.6.	Světlovodná čidla teploty	134
5.2.7.	Další světlovodná čidla	137

5.3.	Parazitní vlivy u světlovodných čidel	137
5.3.1.	Vliv teploty	137
5.3.2.	Vliv ionizačního záření	138
5.4.	Použití světlovodných čidel u robotů	139
6.	OPTOELEKTRONICKÁ A OPTRONOVÁ ČIDLA	142
6.1.	Definice a rozdělení	142
6.2.	Zdroje světla	143
6.2.1.	Světelná emisní dioda (LED)	144
6.2.2.	Laserová dioda	148
6.2.3.	Žárovka	150
6.2.4.	Luminiscenční kondenzátory	151
6.3.	Optron jako čidlo	151
6.3.1.	Rozdělení oprtonů	153
6.4.	Použití optoelektronických čidel	154
7.	FLUIDIKOVÁ ČIDLA	157
7.1.	Základy fluidiky	158
7.1.1.	Základní fluidikové veličiny	158
7.1.2.	Základní aerodynamické rovnice	159
7.1.3.	Části fluidikových čidel	160
7.2.	Principy čidel	162
7.2.1.	Čidla polohy	163
7.2.2.	Čidla otáček	172
7.2.3.	Čidla průtoku	173
7.2.4.	Čidla teploty	177
7.3.	Příklady použití fluidikových čidel	178
8.	ČIDLA POLOHY	180
8.1.	Rozdělení čidel polohy	180
8.2.	Elektrokontaktní čidla	181
8.2.1.	Konstrukce elektrokontaktních čidel	183
8.3.	O odporová čidla polohy	185
8.3.1.	Základní vlastnosti čidla	186
8.3.2.	Konstrukce čidla	187
8.3.3.	Použití odporových čidel	188
8.4.	Indukčnostní čidla	188
8.4.1.	Rozdělení indukčnostních čidel	190
8.4.2.	Čidla s proměnnou vzduchovou mezerou	191
8.4.3.	Čidla s konstantní vzduchovou mezerou	192
8.4.4.	Čidla s otevřeným magnetickým obvodem	193
8.4.5.	Čidla s potlačeným polem (s vířivými proudy)	195
8.4.6.	Čidla bez feromagnetika	197
8.4.7.	Indukčnostní čidla pro velké výchylky	199
8.4.8.	Oscilátorová čidla	199
8.4.9.	Polohový transformátor	201
8.4.10.	Induktosyn	203
8.5.	Magnetická čidla polohy	204
8.5.1.	Halova čidla polohy	204
8.5.2.	Magnetické měřítko	205

8.6.	Kapacitní čidla polohy	206
8.6.1.	Obvody pro připojení kapacitních čidel	208
8.6.2.	Použití kapacitních čidel	209
8.7.	Fotoelektrická čidla polohy	209
8.7.1.	Analogová čidla	210
8.7.2.	Číslicová čidla	212
8.8.	Fluidiková čidla polohy	217
8.9.	Speciální čidla	218
8.10.	Použití čidel polohy u robotů	219
9.	ČIDLA VZDÁLENOSTI	221
9.1.	Základní typy čidel	221
9.2.	Čidla optoelektronická	222
9.2.1.	Laserový dálkoměr	222
9.3.	Čidla akustická	224
9.3.1.	Akustické vlastnosti prostředí	224
9.3.2.	Konstrukce čidla	226
9.3.3.	Použití akustického čidla	227
9.4.	Prostorová orientace	228
10.	ČIDLA RYCHLOSTI	230
10.1.	Rozdělení čidel úhlové rychlosti	230
10.2.	Čidla s neelektrickým výstupním signálem	231
10.2.1.	Čidla odstředivá	231
10.2.2.	Čidla rezonanční	231
10.2.3.	Čidla magnetická	232
10.3.	Indukční čidla	232
10.3.1.	Tachodynamo	233
10.3.2.	Unipolární dynamo	234
10.3.3.	Tachoalternátor	234
10.3.4.	Tachoalternátor s vnějším buzením	235
10.4.	Impulsní čidla	235
10.4.1.	Indukční impulsní čidla	235
10.4.2.	Impedanční impulsní čidla	236
10.4.3.	Magnetická impulsní čidla	236
10.4.4.	Fotoelektrická impulsní čidla	237
10.5.	Speciální čidla otáček	238
10.6.	Použití čidel úhlové rychlosti u robotů	240
11.	ČIDLA ZRYCHLENÍ	241
11.1.	Rozdělení čidel zrychlení	241
11.2.	Čidla odporová	242
11.3.	Čidla piezoelektrická	243
11.4.	Čidla indukčnostní	245
11.5.	Speciální čidla zrychlení	246
11.6.	Využití čidel zrychlení v robotice	246
12.	ČIDLA SÍLY	248
12.1.	Rozdělení silových čidel	248
12.2.	Deformační členy čidel	249

12.2.1.	Tlakové, tahové deformační členy	250
12.2.2.	Ohybové deformační členy	251
12.2.3.	Smykové deformační členy	252
12.3.	Čidla odporová	253
12.3.1.	Čidla s kovovými tenzometry	253
12.3.2.	Čidla s polovodičovými tenzometry	255
12.3.3.	Čidla diodová (piezodiody)	256
12.4.	Čidla piezoelektrická	257
12.4.1.	Piezoelektrický jev	258
12.4.2.	Materiál piezoelektrického čidla	260
12.4.3.	Měřicí obvod piezoelektrického čidla	261
12.4.4.	Konstrukce piezoelektrického čidla	265
12.5.	Čidla magnetoelastická a magnetoanizotropní	268
12.6.	Čidla indukčnostní a kapacitní	270
12.6.1.	Indukčnostní čidla	270
12.6.2.	Kapacitní čidla síly	270
12.7.	Speciální čidla síly	271
12.8.	Použití silových čidel u robota	272
13.	ČIDLA TLAKU	275
13.1.	Rozdělení čidel tlaku	276
13.2.	Základní typy deformačních členů	276
13.2.1.	Membrána	277
13.2.2.	Trubice	279
13.3.	Čidla s odporovými tenzometry	281
13.3.1.	Čidla s kovovými tenzometry	281
13.3.2.	Čidla s polovodičovými tenzometry	283
13.3.3.	Čidla s křemíkovou membránou	284
13.4.	Čidla piezoelektrická	289
13.5.	Čidla kapacitní	290
13.6.	Speciální čidla tlaku	291
13.7.	Dynamika tlakových čidel	292
13.8.	Použití tlakových čidel u robotů	294
14.	ČIDLA KROUTICÍHO MOMENTU	296
14.1.	Rozdělení čidel krouticího momentu	296
14.1.1.	Deformační členy čidel krouticího momentu	297
14.1.2.	Nepřímé měření krouticího momentu	299
14.2.	Odporová čidla	300
14.3.	Indukčnostní čidla	303
14.4.	Magnetická čidla krouticího momentu	304
14.4.1.	Magnetoelastická čidla krouticího momentu	304
14.4.2.	Magnetoanizotropní čidla	304
14.4.3.	Čidla využívající inverzi Wiedemannova jevu	307
14.5.	Impulsní snímače krouticího momentu	309
14.6.	Přenos signálu z rotujících částí	311
14.6.1.	Kontaktní přenos	312
14.6.2.	Indukční přenos (transformátor)	312
14.6.3.	Magnetický přenos	313
14.6.4.	Kapacitní přenos	313

14.6.5.	Vysokofrekvenční přenos	313
14.6.6.	Sledovací přenosový systém	313
14.6.7.	Ostatní přenosové systémy	314
14.7.	Použití čidel krouticího momentu u robotů	314
15.	ČIDLA TEPLoty	317
15.1.	Rozdělení čidel teploty	317
15.2.	Dilatační čidla teploty	318
15.3.	Odporová čidla teploty	321
15.3.1.	Kovová čidla	322
15.3.2.	Polovodičová čidla	325
15.3.3.	Připojení odporových čidel	328
15.4.	Termoelektrická čidla	329
15.4.1.	Termoelektrický článek	329
15.4.2.	Materiál a konstrukce čidla	330
15.4.3.	Měřicí obvod čidla	332
15.5.	Pyrometry	333
15.5.1.	Princip měření	333
15.5.2.	Základní typy pyrometrů	335
15.6.	Měření povrchové teploty	338
15.7.	Speciální čidla teploty	339
15.7.1.	Strunová čidla teploty	339
15.7.2.	Piezoelektrická čidla teploty	340
15.8.	Měření teploty u robotů	340
15.8.1.	Dynamické měření teploty	342
15.8.2.	Měření teploty tavenin	343
15.8.3.	Měření teploty v operačním prostoru robota	343
16.	ČIDLA PRŮTOKU	345
16.1.	Úvodní část	345
16.1.1.	Obecné pojmy	345
16.1.2.	Požadavky na čidla průtoku	347
16.1.3.	Rozdělení čidel průtoku	347
16.2.	Objemová čidla	350
16.2.1.	Kyvná čidla	350
16.2.2.	Bubnová čidla	350
16.2.3.	Pístová čidla	351
16.3.	Rychlostní čidla	352
16.3.1.	Lopatková čidla	352
16.3.2.	Šroubová (turbinová) čidla	353
16.4.	Čidla s deformačním členem	354
16.5.	Průřezová čidla	356
16.5.1.	Clona	357
16.5.2.	Dýza	357
16.5.3.	Ostatní průřezová čidla	358
16.5.4.	Rozdíl teplot na škrťicím členu	359
16.5.5.	Kolenové čidlo	360
16.6.	Plováková čidla	360
16.7.	Indukční čidla	361
16.7.1.	Princip	361

16.7.2.	Konstrukce čidla	362
16.7.3.	Elektrický obvod čidla	363
16.7.4.	Použití indukčního čidla	364
16.8.	Ultrazvukové snímače	364
16.8.1.	Princip	364
16.8.2.	Rozdělení ultrazvukových snímačů	364
16.8.3.	Použití ultrazvukových snímačů	366
16.9.	Fluidiková čidla	366
16.10.	Použití čidel průtoku	367
17.	PŘÍKLADY ŘEŠENÍ ČIDEL U ROBOTŮ	368
17.1.	Základní problémové oblasti	368
17.2.	Zpracování obrazové informace	368
17.3.	Taktilní rozpoznávání	369
17.4.	Měření uchopovací síly	369
17.5.	Měření polohy	370