

Obsah

	Predhovor k súboru učebníc pre oblasť „elektronické prvky z tuhých látok“	13
	Predhovor	15
	Spôsob písania a označovanie najdôležitejších veličín	17
1	Úvod a všeobecné pomôcky	21
1.1	Úlohy, použitie a princíp funkcie analógových obvodov	21
1.2	Modelovanie tranzistorov	23
1.2.1	Bipolárne tranzistory	23
1.2.1.1	Statické vlastnosti bipolárnych tranzistorov	23
1.2.1.2	Lineárne vlastnosti pri malých signáloch	26
1.2.2	Tranzistory ovládané poľom (FET)	32
1.2.2.1	Statické vlastnosti tranzistorov ovládaných poľom	32
1.2.2.2	Lineárne vlastnosti pri malom signáli	32
1.2.2.3	Tranzistor ovládaný poľom ako rezistor s riaditeľným odporom	32
1.3	Zjednodušené riešenie lineárnych sietí	35
1.4	Dynamické zmeny odporu (Millerov efekt, bootstrap)	36
1.5	Analýza nelineárnych systémov (10)	43
1.5.1	Taylorov rad	43
1.5.2	Fourierov rad	45
1.5.3	Činiteľ skreslenia	45
2	Pracovný bod jednoduchého tranzistorového stupňa	46
2.1	Bipolárny tranzistor	47
2.1.1	Nastavenie a stabilizácia pracovného bodu	47
2.1.2	Drift	51
2.1.3	Lineárne zapojenia na stabilizáciu pracovného bodu	53
2.1.4	Nelineárne kompenzačné zapojenia	57
2.1.5	Stabilizácia pracovného bodu v analógových integrovaných obvodoch	58
2.1.6	Teplotné problémy	59
2.2	Tranzistory ovládané poľom	64
2.2.1	Pracovný bod	64
2.2.2	Nastavenie a stabilizácia pracovného bodu	64

3	Jednoduché tranzistorové stupne	
	Základné zapojenia	69
3.1	Metódy analýzy	69
3.1.1	Grafická analýza, statická a dynamická pracovná priamka	70
3.1.2	Lincárna analýza pri malých signáloch	71
3.1.2.1	Analýza pomocou teórie dvojbrán	72
3.1.2.2	Analýza s náhradným zapojením π (fyzikálna náhradná schéma)	72
3.2	Prehľad základných zapojení bipolárneho tranzistora	76
3.2.1	Aktívne prvky a riadené zdroje	76
3.2.2	Ideálne riadené zdroje v troch základných zapojeniach s prúdovou spätnou väzbou	78
3.2.3	Porovnanie základných zapojení	78
3.3	Zapojenie bipolárneho tranzistora so spoločným emitorom	81
3.3.1	Statické vlastnosti	81
3.3.2	Zosilnenie signálu pri nízkych frekvenciách	84
3.3.2.1	Konštantný potenciál emitora	84
3.3.2.2	Prúdová spätná väzba	87
3.3.2.3	Napäťová spätná väzba	90
3.3.3	Zosilnenie signálu pri vysokých frekvenciách	91
3.4	Zapojenie tranzistora <i>FET</i> so spoločným emitorom	96
3.4.1	Statické vlastnosti	96
3.4.2	Zosilnenie signálu pri nízkych frekvenciách	96
3.4.3	Zosilnenie signálu pri vysokých frekvenciách	99
3.5	Emitorový sledovač (zapojenie so spoločným kolektorom)	101
3.5.1	Statické vlastnosti. Rozsah vybudenia	103
3.5.2	Zosilnenie signálu pri nízkych frekvenciách	104
3.5.3	Zosilnenie signálu pri vysokých frekvenciách	107
3.6	Emitorový sledovač s tranzistorom <i>FET</i>	111
3.6.1	Statické vlastnosti. Bootstrap	111
3.6.2	Zosilnenie signálu pri nízkych a vysokých frekvenciách	112
3.7	Zapojenie so spoločnou bázou	115
3.7.1	Statické vlastnosti. Rozsah vybudenia	115
3.7.2	Spracovanie malého signálu pri nízkych a vysokých frekvenciách	115
3.8	Darlingtonovo zapojenie	118
3.9	Špeciálne zapojenia	121
3.9.1	Kaskódové zapojenie	121
3.9.2	Kombinácia <i>FET</i> — bipolárny tranzistor	123
4	Diferenčný zosilňovač	127
4.1	Rozdiel medzi zosilňovačom jednosmerného a striedavého napätia	127
4.2	Spracovanie signálu v diferenčnom zosilňovači	128
4.3	Rozkmit súhlasného napätia a nastavenie pracovného bodu	136
4.4	Drift	138
4.5	Varianty zapojenia	141
5	Diódy, tranzistory a základné zapojenia v integrovaných analógových obvodoch	146
5.1	Diódy	146

5.2	Tranzistory	147
5.3	Základné zapojenia	151
5.3.1	Diferenčný zosilňovač	152
5.3.2	Zdroje konštantného prúdu	153
5.3.3	Zdroje referenčného napätia	156
5.3.4	Väzbové zapojenia	158
6	Väzba medzi stupňami	160
6.1	Priama väzba	160
6.2	Odporová väzba	160
6.3	Väzba so Zenerovou diódou	162
6.4	Väzba s obvodmi RC	162
6.5	Transformátorová väzba	162
6.6	Väzba s komplementárnymi tranzistormi	163
6.7	Optoelektronická väzba	163
7	Koncové stupne (výkonové stupne)	164
7.1	Kvázilineárne koncové stupne	165
7.1.1	Pracovné režimy. Nastavenie pracovného bodu. Štruktúra zapojenia	165
7.1.2	Jednočinné stupne (zosilňovač triedy A).	167
7.1.2.1	Zapojenie so spoločným emitorom a odporovou záťažou	168
7.1.2.2	Emitorový sledovač s odporovou záťažou	171
7.1.3	Dvojčinné zosilňovače triedy A a AB	173
7.1.3.1	Transformátorová väzba	174
7.1.3.2	Sériové napájanie koncových tranzistorov (komplementárne koncové stupne)	177
7.1.4	Zosilňovač triedy AB	186
7.1.5	Nastavenie pracovného bodu v integrovaných obvodoch	187
7.1.6	Obmedzenie výstupného prúdu	188
7.1.7	Vyššie napätia, prúdy a frekvencie	188
7.1.8	Príklad návrhu	189
7.2	Nespojitý výkonový zosilňovač analógových signálov. Zosilňovač triedy D	195
7.2.1	Základy	195
7.2.2	Zosilňovač triedy D	197
7.3	Praktické poznámky	200
7.4	Úvahy o trendoch vývoja	200
8	Všeobecne o viacstupňových zosilňovačoch	202
8.1	Rozdelenie zosilňovačov	202
8.2	Obmedzenia	204
8.3	Základné typy zosilňovačov	205
8.4	Frekvenčná charakteristika	209
8.5	Vlastnosti pri impulzovom buzení	213
8.6	Zosilnenie driftu	216

9	Spätná väzba	217
9.1	Štyri základné druhy spätnej väzby	218
9.2	Základné rovnice spätnej väzby	218
9.3	Analýza zosilňovača so spätnou väzbou	221
9.4	Vplyv spätnej väzby na vlastnosti zosilňovača	225
9.4.1	Zmena zosilnenia	225
9.4.2	Vstupná impedancia	227
9.4.3	Výstupná impedancia	229
9.4.4	Rozsah vybudenia. Nelineárne skreslenie	231
9.4.5	Pôsobenie vonkajších rušivých signálov	232
9.4.6	Dynamické vlastnosti	233
9.4.6.1	Prenosová funkcia s jedným pólom	233
9.4.6.2	Prenosová funkcia s dvoma pólmi	235
9.4.6.3	Prenosová funkcia s viacerými pólmi	242
10	Dynamická stabilita zosilňovača so spätnou väzbou	244
10.1	Príčiny dynamickej nestability	244
10.2	Nyquistovo kritérium	245
10.3	Dynamická stabilita v Bodeho diagrame	245
10.4	Amplitúdová a fázová rezerva	247
10.5	Frekvenčná kompenzácia	249
10.5.1	Zosilňovač bez frekvenčnej kompenzácie	249
10.5.2	Možnosti realizácie frekvenčnej kompenzácie	249
10.5.3	Metódy kompenzácie	251
11	Operačné zosilňovače	263
11.1	Vlastnosti a charakteristické veličiny ideálneho a reálneho operačného zosilňovača	265
11.2	Dve základné zapojenia operačného zosilňovača (zosilňovač napätia)	266
11.3	Vplyv neideálnych vlastností operačného zosilňovača	269
11.4	Vplyv a kompenzácia offsetu, driftu a pokojových veličín	273
11.5	Vlastnosti pri veľkých signáloch	277
11.6	Štruktúra zapojenia operačných zosilňovačov	280
11.6.1	Príklady zapojenia operačných zosilňovačov	282
11.6.2	Modulačné zosilňovače	286
11.6.2.1	Zosilňovač s prerušovačom	289
11.6.2.2	Stabilizovaný zosilňovač s prerušovačom (Goldbergovo a Landsbergovo zapojenie)	296
11.6.2.3	Zosilňovač s kmitajúcim kondenzátorom a varikapom	299
11.6.3	Zosilňovač s korekciou driftu	301
11.6.4	Voľba operačného zosilňovača	302
11.6.5	Vývojové tendencie	303
12	Zapojenia zosilňovačov	305
12.1	Štyri základné typy zapojení s operačnými zosilňovačmi	305

12.2	Jednosmerné zosilňovače	
	Prístrojové zosilňovače a zosilňovače náboja	311
12.3	Nízkofrekvenčné zosilňovače	319
12.4	Selektívne zosilňovače	321
12.4.1	Všeobecne	321
12.4.2	Bipolárne stupne	327
12.4.3	Stupne s tranzistorom ovládaným poľom	328
12.4.4	Viacstupňové medzifrekvenčné zosilňovače	329
12.5	Širokopásmové zosilňovače	331
12.6	Aktívne filtre	332
12.6.1	Základy	333
12.6.2	Realizácia dolnopriepustných a hornopriepustných filtrov	336
12.6.2.1	Dolnopriepustný filter 2. rádu	337
12.6.2.2	Hornopriepustný filter	338
12.6.2.3	Filtre vyššieho rádu	340
12.6.3	Pásmové priepusty a úzkopásmové filtre	341
12.6.3.1	Pásmový priepust	341
12.6.3.2	Úzkopásmový filter	341
12.7	Šum zosilňovačov	344
12.7.1	Všeobecne	344
12.7.2	Spektrálne šumové napätie a prúd	345
12.7.3	Náhradná schéma pre šum zosilňovača	346
12.7.4	Analýza šumu	347
12.7.5	Šírka pásma šumu. Odstup signálu od šumu. Šumový činiteľ a šumové číslo	350
12.7.6	Šum viacstupňových zosilňovačov	352
13	Lineárne počítacie a regulačné obvody	355
13.1	Súčtové a rozdielové zapojenia	355
13.2	Zdroje konštantného napätia	357
13.2.1	Zdroje referenčného napätia so Zenerovou diódou	359
13.2.2	Stabilizátory s reguláciou	365
13.3	Zdroje konštantného prúdu	371
13.3.1	Jednoduché tranzistorové prúdové zdroje	371
13.3.2	Zdroje prúdu s operačným zosilňovačom	372
13.4	Integrátory a iné regulačné zapojenia	377
13.4.1	Integrátor	377
13.4.2	Súčtový a rozdielový integrátor	385
13.4.3	Regulátor <i>PI</i>	385
13.4.4	Derivátor	386
13.4.5	Regulátor <i>PID</i>	386
14	Nelineárne zosilňovacie a počítacie zapojenia so spojitou charakteristikou	388
14.1	Realizácia nelineárnych a inverzných funkcií	388
14.2	Logaritmujúce zapojenia	390
14.3	Odlogaritmujúce zapojenia	393
14.4	Násobičky a kvadrátory	394
14.4.1	Násobička s premenlivou strmosťou	395

14.4.2	Logaritmická násobička	400
14.4.3	Násobička s impulzovou moduláciou	401
14.4.4	Ďalšie varianty násobičiek	402
14.5	Deličky a odmocňovačky	403
14.5.1	Inverzná násobička	403
14.5.2	Delička s premenlivou strmostou	404
14.5.3	Logaritmická delička	404
14.5.4	Odmocňovačka	404
15	Nelineárne zapojenia s nespojitou charakteristikou	405
15.1	Ideálna dióda	405
15.2	Obmedzovače	407
15.2.1	Sériový a paralelný obmedzovač. Mŕtva oblasť	407
15.2.2	Presný obmedzovač	409
15.3	Zapojenia usmerňovačov	410
15.3.1	Klasifikácia	410
15.3.2	Usmerňovače malých signálov	412
15.4	Vzorkovacie obvody	417
15.5	Diódové funkčné zapojenia	419
15.6	Analógové napäťové komparátory	421
15.6.1	Statické vlastnosti	422
15.6.2	Dynamické vlastnosti	423
15.6.3	Komparátory bez hysterézy	424
15.6.4	Komparátory s hysterézou	427
16	Analógové spínače a multiplexory	433
16.1	Analógové spínače	433
16.1.1	Princíp činnosti	433
16.1.2	Tranzistor <i>FET</i> ako analógový spínač	434
16.1.3	Príklady zapojení	435
16.1.4	Neideálne vlastnosti	437
16.2	Analógový multiplexor	439
17	Generátory signálov	442
17.1	Princíp oscilátora so spätnou väzbou	443
17.2	Generátor pravouhlého signálu	444
17.3	Generátor trojuholníkového signálu	446
17.4	Univibrátor	449
17.5	Generátor harmonického signálu	450
17.5.1	Oscilátor <i>RC</i>	451
17.5.1.1	Oscilátor s posunutím fázy	452
17.5.1.2	Oscilátor s Wienovým mostíkom	453
17.5.2	Oscilátor <i>LC</i>	456
17.5.2.1	Induktívna väzba	456
17.5.2.2	Všeobecné zapojenie oscilátora so spätnou väzbou	458
17.5.2.3	Trojbodové zapojenie	459

17.5.3	Kryštálové oscilátory	460
17.6	Riadené oscilátory	462
18	Frekvenčná transformácia	463
18.1	Modulátory a demodulátory	463
18.1.1	Amplitúdové modulátory a demodulátory	463
18.1.2	Frekvenčné modulátory a demodulátory	469
18.1.3	Impulzový šírkový modulátor	470
18.2	Zmiešavače	471
18.2.1	Aditívne zmiešavanie	472
18.2.2	Multiplikatívne zmiešavanie	473
18.3	Zdvojovače frekvencie	475
18.4	Fázový záves	476
18.4.1	Princíp činnosti	476
18.4.2	Prvky fázového závesu	481
18.4.3	Použitie obvodov <i>PLL</i>	482
19	Analógové obvody s optoelektronickou väzbou	486
19.1	Optoelektronické väzbové prvky	486
19.2	Základné zapojenia s optoelektronickou väzbou	490
19.3	Optoelektronické servozapojenie	492
19.4	Diferenčné zapojenie s optoelektronickou väzbou	493
19.5	Modulačné zosilňovače s optoelektronickou väzbou	494
20	Napájacie zdroje	500
20.1	Sieťový transformátor a usmerňovač	502
20.1.1	Jednocestný usmerňovač	503
20.1.2	Dvojcestný usmerňovač	505
20.1.3	Vyhľadanie usmerneneho napätia	507
20.1.4	Zdvojovače a násobiče napätia	509
20.1.5	Filtre	510
20.2	Stabilizátory	511
20.2.1	Zapojenie bez regulácie	511
20.2.2	Zapojenie so spojitou reguláciou	513
20.2.2.1	Všeobecne	513
20.2.2.2	Praktický príklad: Elektronicky stabilizovaný zdroj s dvoma výstupnými napätiami rôznej polarity	515
20.2.2.3	Ochrana pred preťažením	516
20.2.2.4	Integrované stabilizátory	519
20.2.3	Spínací regulátor (nespojité regulátor)	523
20.3	Striedače	525
20.4	Meniče jednosmerného napätia	527
20.5	Spínané sieťové zdroje	528
20.5.1	Princíp činnosti. Vlastnosti	528
20.5.2	Menič jednosmerného napätia	531
20.5.2.1	Blokovací menič	531

20.5.2.2	Priepustný menič	533
20.5.2.3	Dvojčinný menič	534
20.5.3	Zapojenie regulátorov. Regulačný obvod <i>B260</i>	534
20.5.4	Príklad sieťového napájacieho zdroja so spínačmi	537
20.5.5	Trendy vývoja	539
20.6	Núdzové napájanie	540
20.7	Budúci vývoj	541
21	Číslicovo-analógové a analógovo-číslicové prevodníky	543
21.1	Číslicovo-analógové prevodníky	543
21.1.1	Úvod	543
21.1.2	Paralelné <i>ČAP</i>	548
21.1.3	Nepriame (sériové) <i>ČAP</i>	554
21.1.4	Kompatibilita s mikroprocesorom	555
21.1.5	Použitie <i>ČAP</i>	558
21.1.6	Výber priemyselne vyrábaných <i>ČAP</i>	561
21.2	Analógovo-číslicové prevodníky	562
21.2.1	Úvod	562
21.2.2	Klasifikácia	566
21.2.3	Paralelná metóda	570
21.2.4	Postupná aproximácia (metóda váženía)	571
21.2.5	Metóda spočítavania	574
21.2.5.1	Analógovo-číslicový prevodník so servosystémom	575
21.2.5.2	Analógovo-číslicový prevodník s jednoduchým spočítavanim	577
21.2.5.3	Analógovo-číslicový prevodník s dvojitou integráciou	578
21.2.5.4	Analógovo-číslicový prevodník s kompenzáciou náboja	586
21.2.6	Analógovo-číslicový prevodník pre priamu spoluprácu s mikropočítačom	591
21.2.7	Kompatibilita s mikropočítačom	592
21.2.8	Hľadiská používateľa	593
21.2.9	Výber priemyselne vyrábaných <i>AČP</i>	600
	Odporúčaná literatúra	607