Sadržaj

1 Poluprovodnici i PN spoj 1

1.1 Uvod 1

1.2 Električne osobine materijala 2

1.3 Nosioci naelektrisanja kod poluprovodnika 3

1.4 Poluprovodnici sa primesama 6

1.5 Provođenje struje u poluprovodniku 9

1.5.1 Struja drifta 10

1.5.2 Struja difuzije 12

1.6 PN spoj 14

1.6.1 Nepolarisani PN spoj 14

1.6.2 Polarisani PN spoj 20

1.6.3 Proboj PN spoja 26

1.6.4 Kapacitivnost PN spoja 28

2 Diode 34

2.1 Uvod 34

2.2 Strujno-naponska karakteristika diode 34

2.3 Analiza diodnog kola 38

2.4 Modeli diode 40

2.4.1 Model idealne diode 41

2.4.2 Model diode sa konstantnim naponom 42

2.4.3 Izlomljeno-linearni model diode 43

2.4.4 Model diode za male signale 44

2.5 Zener diode 48

2.6 Primena dioda 51

2.6.1 Polutalasni usmerač 53

2.6.2 Punotalasni usmerač 54

2.6.3 Usmerač sa kapacitivnim filtrom 57

2.6.4 Diodni ograničavači 60

3 Bipolarni tranzistori 62
3.1 Uvod 62
3.2 Struktura bipolarnog tranzistora 63
3.3 Princip rada bipolarnog tranzistora 65
3.3.1 Rad tranzistora u aktivnom režimu 65
3.3.2 Rad tranzistora u zasićenju 72
3.3.3 Tranzistor u neprovodnom stanju 73
3.4 Zavisnost strujnog pojačanja od struje kolektora i od temperature 74
3.5 PNP bipolarni tranzistor 75
3.6 Strujno-naponske karakteristike 76
3.6.1 Polarizacija tranzistora 76
3.6.2 Grafički prikaz strujno-naponskih karakteristika 78
3.7 Bipolarni tranzistori u kolima jednosmerne struje 81
3.8 Osnovne karakteristike pojačavača 87
3.9 Osnovi pojačavača sa bipolarnim tranzistorima 97
3.9.1 Naponski pojačavač 97
3.9.2 Naponska funkcija prenosa 98
3.9.3 Polarizacija tranzistora za dobijanje linearnog pojačanja 98
3.10 Model bipolarnog tranzistora za male signale 103
3.10.1 Parametri bipolarnog tranzistora za male signale 104
3.10.2 Hibridni π model 107
3.10.3 *T* model bipolarnog tranzistora 110
3.11 Jednostepeni pojačavači sa bipolarnim tranzistorima 111
3.11.1 Osnovne konfiguracije pojačavača 112
3.11.2 Polarizacija bipolarnog tranzistora u pojačavačkim kolima 113
3.11.3 Pojačavač sa zajedničkim emitorom 119
3.11.4 Pojačavač sa zajedničkom bazom 129
3.11.5 Pojačavač sa zajedničkim kolektorom 133
4 Tranzistori sa efektom polja 139
4.1 Struktura i princip rada MOSFET tranzistora 140
4.1.1 Formiranje kanala 141
4.1.2 Rad tranzistora pri vrlo malim vrednostima napona v_{DS} 143

4.1.3 Rad tranzistora kada se napon v_{DS} povećava i nije vrlo mali 146
4.1.4 Rad tranzistora kada je kanal uštinut kod drejna 148
4.2 MOSFET tranzistor sa P kanalom 150
4.3 Strujno-naponske karakteristike MOSFET tranzistora 152
4.3.1 Strujno-naponske karakteristike i_D-v_{DS} 153
4.3.2 Strujno-naponska karakteristika i_D-v_{GS} 155
4.3.3 Izlazna otpornost MOSFET tranzistora u zasićenju 156
4.4 Karakteristike P kanalnog MOSFET tranzistora 159
4.5 MOSFET tranzistori u kolima jednosmerne struje 161
4.6 Pojačavač sa MOSFET tranzistorom 163
4.6.1 Naponski pojačavač 163
4.6.2 Naponska funkcija prenosa 164
4.6.3 Polarizacija tranzistora za dobijanje linearnog pojačanja 165
4.7 Modelovanje MOSFET tranzistora za male signale 169
4.7.1 Analiza rada pojačavača 170
4.7.2 Modeli MOSFET tranzistora za male signale 172
4.8 Jednostepeni pojačavači sa MOSFET tranzistorima 175
4.8.1 Osnovne konfiguracije jednostepenih pojačavača 176
4.8.2 Polarizacija MOSFET tranzistora u pojačavačkim kolima 177
4.8.3 Osnovne karakteristike pojačavača 184
4.8.4 Pojačavač sa zajedničkim sorsom 187
4.8.5 Pojačavač sa zajedničkim gejtom 194
4.8.6 Pojačavač sa zajedničkim drejnom 198
4.9 MOSFET tranzistori sa ugrađenim kanalom 201
4.10 JFET tranzistori 202
4.10.1 Struktura i princip rada JFET tranzistora 203
4.10.2 Strujno-naponske karakteristike JFET tranzistora 205
4.10.2 Parametri JFET tranzistora u modelu za male signale 206

5 Operacioni pojačavači 207
5.1 Idealni operacioni pojačavač 207
5.2 Invertujući pojačavač 210
5.3 Neinvertujući pojačavač 213
5.4 Diferencijalni pojačavač 215

5.4.1 Diferencijalni pojačavač sa jednim operacionim pojačavačem 215
5.4.2 Instrumentacioni pojačavač 217
5.5 Integrator i diferencijator 220
5.6 Komparatori 223
5.7 Neidealni operacioni pojačavač 226
5.7.1 Pojačanje 227
5.7.2 Izlazna otpornost 230
5.7.3 Ulazna otpornost 232
5.7.4 Potiskivanje signala srednje vrednosti 235
5.8 Ulazne struje i naponski ofset 238
5.8.1 Naponska nepodešenost ulaza 238
5.8.2 Ulazne struje polarizacije i strujna nepodešenost 239
5.9 Diferencijalni pojačavač 243
5.9.1 Diferencijalni pojačavač sa bipolarnim tranzistorima 244
5.9.2 Diferencijalni pojačavač sa MOSFET tranzistorima 253
5.10 Realizacija operacionog pojačavača 259
5.11 Izlazni pojačavački stepen 262
5.11.1 Klasifikacija pojačavača snage 262
5.11.2 Pojačavač snage u klasi A 264
5.11.3 Pojačavač snage u klasi B 266
5.11.4 Pojačavač snage u klasi AB 268
5.12 Prototip operacionog pojačavača 269
Literatura 273
Indeks 275