

<b>1.</b>	<b>Mjerni instrumenti</b>	<b>1</b>
1.1.	Uvod u instrumente s dvodimenzionalnim prikazom – vrste osciloskopa . . . . .	2
1.2.	Analogni osciloskopi . . . . .	3
1.2.1.	Opis rada analognog (katodnog) osciloskopa . . . . .	4
1.2.2.	Mjerne sonde i kalibracija . . . . .	9
1.2.3.	Mjerenje dvokanalnim osciloskopom . . . . .	10
1.3.	Digitalni osciloskopi . . . . .	14
1.3.1.	Podjela i načelo rada digitalnog osciloskopa . . . . .	14
1.3.2.	Prednja i zadnja ploča osciloskopa . . . . .	15
1.3.3.	Karakteristike digitalnih osciloskopa . . . . .	17
1.3.4.	Mjerenje digitalnim osciloskopom . . . . .	18
	Pitanja za provjeru znanja . . . . .	22
<b>2.</b>	<b>Sklopovi s diodama</b>	<b>23</b>
2.1.	Poluvodiči . . . . .	24
2.1.1.	Svojstva poluvodiča . . . . .	24
2.1.2.	N-tip i P-tip poluvodiča . . . . .	26
2.1.3.	PN-spoj u stanju ravnoteže . . . . .	27
2.1.4.	Propusna polarizacija PN-spoja . . . . .	28
2.1.5.	Zaporna polarizacija PN-spoja . . . . .	28
2.2.	Poluvodička PN-dioda . . . . .	30
2.2.1.	Svojstva poluvodičkih PN-dioda . . . . .	30
2.2.2.	Strujno-naponska karakteristika PN-diode . . . . .	30
2.2.3.	Temperaturna ovisnost strujno-naponske karakteristike PN-diode . . . . .	33
2.2.4.	Električne karakteristike diode . . . . .	34
2.2.5.	Dinamički otpor i kapacitet PN-diode . . . . .	34
2.2.6.	Idealna dioda . . . . .	35
2.2.7.	Kućišta i označavanje diode . . . . .	36

2.3. Neke vrste dioda . . . . .	36
2.3.1. Zenerova dioda . . . . .	36
2.3.2. Kapacitivna dioda . . . . .	37
2.4. Sklopovi s diodama . . . . .	38
2.4.1. Dioda u strujnom krugu . . . . .	40
2.4.2. Ispravljači . . . . .	18
2.4.3. Filtriranje izlaznog napona . . . . .	47
2.4.4. Stabilizator napona sa Zenerovom diodom . . . . .	50
2.4.5. Diodni ograničivači napona . . . . .	53
Pitanja za provjeru znanja . . . . .	56
Zadatci . . . . .	56

### 3. Bipolarni tranzistori 57

3.1. Svojstva bipolarnih tranzistora . . . . .	58
3.1.1. Osnovna svojstva bipolarnih tranzistora . . . . .	58
3.1.2. Polarizacija tranzistora . . . . .	59
3.1.3. Načini spajanja bipolarnih tranzistora i strujna pojačanja . . . . .	61
3.1.4. Područja rada bipolarnih tranzistora . . . . .	62
3.1.5. Statičke karakteristike tranzistora u spoju zajedničkog emitera . . . . .	63
3.1.6. Ograničenja u radu tranzistora . . . . .	67
3.1.7. Izvedbe kućišta i označavanje tranzistora . . . . .	69
3.2. Tranzistorska sklopka s bipolarnim tranzistorom. . . . .	69
3.2.1. Područja rada tranzistorske sklopke . . . . .	69
3.2.2. Opterećenje tranzistorske sklopke otpornikom . . . . .	74
3.2.3. Opterećenje tranzistorske sklopke kondenzatorom . . . . .	78
3.2.4. Opterećenje tranzistorske sklopke zavojnicom . . . . .	80
Pitanja za provjeru znanja . . . . .	81
Zadatci . . . . .	82

### 4. Unipolarni tranzistori 83

4.1. Osnovna svojstva i podjela unipolarnih tranzistora . . . . .	84
4.2. Spojni tranzistor s učinkom polja . . . . .	85
4.2.1. Izvedba spojnog tranzistora s učinkom polja . . . . .	85
4.2.2. Načelo rada spojnog tranzistora s učinkom polja . . . . .	85

4.2.3. Izlazne karakteristike spojnog tranzistora s učinkom polja . . . . .	85
4.2.4. Prijenosna karakteristika spojnog tranzistora s učinkom polja . . . . .	88
<b>4.3. Tranzistor s učinkom polja i izoliranom upravljačkom elektrodom . . . . .</b>	<b>89</b>
4.3.1. Izvedba tranzistora s učinkom polja i izoliranom upravljačkom elektrodom. . . . .	89
4.3.2. Tranzistor s učinkom polja i izoliranom upravljačkom elektrodom obogaćenog tipa . . . . .	90
4.3.3. Tranzistor s učinkom polja i izoliranom upravljačkom elektrodom osiromašenog tipa . . . . .	93
<b>4.4. Dinamički parametri unipolarnih tranzistora . . . . .</b>	<b>95</b>
<b>4.5. Utjecaj temperature na rad unipolarnih tranzistora . . . . .</b>	<b>96</b>
<b>4.6. Spojevi unipolarnih tranzistora . . . . .</b>	<b>97</b>
<b>4.7. Tranzistorska sklopka s unipolarnim tranzistorom . . . . .</b>	<b>98</b>
Pitanja za provjeru znanja . . . . .	100

## **5. Osnovni spojevi tranzistorskih pojačala . . . . .** 101

5.1. Uvod u pojačala . . . . .	102
5.2. Pojačalo u spoju zajedničkog emitera . . . . .	104
5.3. Pojačalo u spoju zajedničkog emitera sa stabilizacijom statičke radne točke . . . . .	112
5.4. Amplitudno-frekvencijska karakteristika pojačala u spoju zajedničkog emitera . . . . .	119
5.5. Pojačalo u spoju zajedničkog kolektora . . . . .	120
5.6. Pojačalo u spoju zajedničke baze . . . . .	125
5.7. Osnovna svojstva pojačala s unipolarnim tranzistorima . . . . .	130
5.8. Pojačalo u spoju zajedničkog uvoda s MOSFET-om . . . . .	131
5.9. Pojačalo u spoju zajedničkog uvoda za spojni FET . . . . .	137
5.10. Amplitudno-frekvencijska karakteristika pojačala u spoju zajedničkog uvoda . . . . .	137
5.11. Pojačalo u spoju zajedničkog odvoda . . . . .	138
5.12. Pojačalo u spoju zajedničke upravljačke elektrode . . . . .	141
5.13. Usporedba pojačala s unipolarnim tranzistorima . . . . .	144
5.14. Usporedba pojačala s bipolarnim i unipolarnim tranzistorima . . . . .	145
5.15. Višestupanjska pojačala . . . . .	146
5.15.1. Osnovna svojstva višestupanjskih pojačala . . . . .	146
5.15.2. Dvostupanjsko RC vezano pojačalo . . . . .	148
5.15.3. Pojačala s istosmjernom vezom . . . . .	153
5.15.4. Diferencijsko pojačalo . . . . .	155

5.16. Pojačala snage . . . . .	162
5.16.1. Osnovna svojstva pojačala snage . . . . .	162
5.16.2. Pojačalo snage klase A . . . . .	163
5.16.3. Pojačalo snage klase B . . . . .	167
5.16.4. Pojačalo snage klase AB . . . . .	170
Pitanja za provjeru znanja . . . . .	172
Zadaci . . . . .	175

## 6. Operacijska pojačala . . . . . 177

6.1. Svojstva operacijskih pojačala . . . . .	178
6.2. Invertirajuće pojačalo . . . . .	183
6.3. Neinvertirajuće pojačalo . . . . .	185
6.4. Naponsko sljedilo . . . . .	186
6.5. Diferencijsko pojačalo – pojačalo razlike . . . . .	187
6.6. Pojačalo za zbrajanje . . . . .	189
6.7. Komparator . . . . .	190
6.8. Komparator s histerezom . . . . .	192
6.9. Derivator . . . . .	194
6.10. Integrator . . . . .	194
6.11. Generator pravokutnog napona – astabil . . . . .	195
6.12. Generator pilastog napona . . . . .	198
6.12.1. Idealni i stvarni pilasti napon . . . . .	198
6.12.2. Generiranje pilastog napona s pomoću izvora stalne struje . . . . .	199
6.12.3. Generiranje pilastog napona iz izvora stalnog napona . . . . .	200
6.12.4. Butstrep generator pilastog napona . . . . .	201
Pitanja za provjeru znanja . . . . .	202
Zadaci . . . . .	203

## 7. Optoelektroničke komponente . . . . . 205

7.1. Osnovna svojstva . . . . .	206
7.2. Pretvornici svjetlosne energije u električnu . . . . .	208
7.2.1. Fotootpornik . . . . .	208
7.2.2. Fotodioda . . . . .	209

7.2.3. Fototranzistor . . . . .	.212
7.2.4. Fotoelement . . . . .	.214
<b>7.3.</b> Poluvodički svjetlosni izvori . . . . .	.215
7.3.1. Svjetleće diode . . . . .	.215
7.3.2. Laserska dioda . . . . .	.217
<b>7.4.</b> Optoelektronički veznik . . . . .	.219
Pitanja za provjeru znanja . . . . .	.221
<b>8.</b> Stabilizatori napona . . . . .	223
8.1. Osnovne karakteristike stabilizatora napona . . . . .	224
8.2. Serijski tranzistorski stabilizator napona . . . . .	225
8.3. Integrirani stabilizatori stalnog napona s tri izvoda . . . . .	229
8.4. Integrirani stabilizatori opće namjene . . . . .	.231
Pitanja za provjeru znanja . . . . .	233
Dodatak . . . . .	234
Pojmovnik . . . . .	240