

## САДРЖАЈ

Страна

Увод . . . . .	7
----------------	---

### Прва глава – ДИНАМИКА НАЕЛЕКТРИСАНИХ ЧЕСТИЦА У ВАКУУМУ

1.1. Примена кретања наелектрисаних честица . . . . .	9
1.2. Кретање наелектрисане честице $Q$ у правцу линија сила електричног поља $K$ . . . . .	9
1.3. Кретање наелектрисане честице у равни . . . . .	13
1.4. Кретање наелектрисане честице у равни електричног поља са почетном брзином под косим углом према пољу . . . . .	14
1.5. Кретање наелектрисане честице великом брзином . . . . .	16
1.6. Дејство статичког магнетног поља на наелектрисану честицу у покрету . . . . .	18
1.7. Кретање електрона под заједничким дејством електричног и магнетног поља . . . . .	19

### Друга глава – ТЕОРИЈСКИ ОСНОВИ ПРОВОЂЕЊА ЕЛЕКТРИЦИТЕТА КРОЗ ЧВРСТА ТЕЛА

2.1. Модели атома . . . . .	20
2.1.1. Основи таласне механике . . . . .	21
2.1.2. Боров модел атома . . . . .	21
2.2. Квантна стања и нивои енергије . . . . .	23
2.3. Неки закључци Борове теорије . . . . .	27
2.3.1. Квантни бројеви . . . . .	27
2.3.2. Објашњење емисионог и апсорпционог спектра . . . . .	28
2.4. Својства електрона . . . . .	29
2.5. Основне поставке провођења електрицитета у чврстом телу . . . . .	31
2.6. Теорија енергетских опсега . . . . .	32
2.6.1. Примена енергетских нивоа . . . . .	32
2.6.2. Проводници, полупроводници и изолатори . . . . .	34
2.7. Распоред електрона између дозвољених енергетских стања чврстог тела . . . . .	36

### Трећа глава – ПРОВОЂЕЊЕ ЕЛЕКТРИЦИТЕТА КРОЗ ЧВРСТЕ ПОЛУПРОВОДНИКЕ

3.1. Провођење електрицитета кроз метале . . . . .	38
3.2. Одређивање просечне брзине слободних електрона . . . . .	42
3.3. Аналогија између провођења топлоте и електрицитета . . . . .	43

## Четврта глава – ПРОВОЂЕЊЕ ЕЛЕКТРИЦИТЕТА КРОЗ ЧВРСТЕ ПОЛУПРОВОДНИКЕ

4.1.	Кристалне структуре и хемијске везе атома полупроводника . . . . .	44
4.2.	Провођење електрицитета кроз чисте полупроводнике . . . . .	45
4.2.1.	Увођење појма шупљине . . . . .	45
4.2.2.	Одређивање густине струје и специфичне проводности чистог полупроводника . . . . .	47
4.2.3.	Концентрација слободних носилаца електрицитета . . . . .	47
4.2.4.	Одређивање специфичне проводности чистог германијума . . . . .	48
4.2.5.	Основне електричне особине чистог полупроводника . . . . .	49
4.3.	Полупроводници са примесама . . . . .	49
4.3.1.	Полупроводник <i>N</i> врсте . . . . .	49
4.3.2.	Полупроводник <i>P</i> врсте . . . . .	51
4.3.3.	Споредни носиоци наелектрисања . . . . .	52
4.4.	Концентрација наелектрисања у полупроводнику . . . . .	52
4.5.	Дифузно кретање наелектрисања . . . . .	54

## Пета глава – ЕМИСИЈА ЕЛЕКТРОНА СА ПОВРШИНЕ МАТЕРИЈАЛА

5.1.	Радна функција . . . . .	55
5.2.	Термојонска емисија . . . . .	56
5.3.	Фотоелектрична емисија . . . . .	57
5.4.	Секундарна емисија електрона . . . . .	59
5.5.	Аутоелектронска емисија електрона . . . . .	60

## Шеста глава – ПРОВОЂЕЊЕ ЕЛЕКТРИЦИТЕТА КРОЗ ГАСОВЕ

6.1.	Јонизација гасова . . . . .	60
6.2.	Метастабилни нивои . . . . .	61
6.3.	Средња слободна путања честица . . . . .	62
6.4.	Протицање електричне струје кроз гас . . . . .	63
6.5.	Неке особености провођења електричне струје кроз гас . . . . .	65

## Седма глава – ПОТЕНЦИЈАЛНА РАЗЛИКА ДОДИРА

7.1.	Енергетски опсези при додиру . . . . .	66
7.2.	Потенцијална разлика при додиру . . . . .	68

## Осма глава – ХОЛОВ ЕФЕКТ

8.1.	Једначина напона Холовог ефекта . . . . .	70
8.2.	Одређивање покретљивости наелектрисаних честица . . . . .	73
8.3.	Задачи . . . . .	74

## Девета глава – ПОЛУПРОВОДНИЧКЕ ДИОДЕ

9.1.	Образовање <i>PN</i> споја . . . . .	75
9.1.1.	Поступак извлачења . . . . .	76
9.1.2.	Поступак дифузије . . . . .	76
9.1.3.	Поступак легирања . . . . .	76
9.2.	Електрично понашање <i>PN</i> . . . . .	76
9.3.	Неполарисани <i>PN</i> . . . . .	78
9.3.1.	Просторни распоред електричног поља у запречном слоју . . . . .	78
9.3.2.	Израчунавање напона запречног слоја . . . . .	79
9.3.3.	Енергетски дијаграм неполарисаног <i>PN</i> споја . . . . .	80
9.4.	Позитивно поларисан, у пропусном смеру, <i>PN</i> спој . . . . .	81
9.5.	Инверзно поларисан, у непропусном смеру, <i>PN</i> спој . . . . .	83
9.6.	Параметри полупроводничке слојне диоде . . . . .	85
9.6.1.	Отпорност и проводност . . . . .	85

	Страна	
9.6.2.	Капацитивност запречног слоја . . . . .	86
9.6.3.	Дифузна капацитивност $C_D$ . . . . .	86
9.6.4.	Прикључивање полупроводника на металне проводнике . . . . .	87
9.6.5.	Еквивалентна електрична шема диоде са површинским спојем . . . . .	87
9.7.	Особености полупроводничких диода . . . . .	88
9.8.	Посебне врсте полупроводничких елемената . . . . .	88
9.8.1.	Термистори . . . . .	88
9.8.2.	Варистори . . . . .	89
9.8.3.	Тунелска диода . . . . .	89
9.8.4.	Фотодиоде . . . . .	90
9.8.5.	Лед диоде и хелије од течног кристала . . . . .	90
9.9.	Задаци . . . . .	91

#### Десета глава – РАДНА ПРАВА ДИОДЕ

10.1.	Карактеристике диоде . . . . .	91
10.2.	Радна права диоде . . . . .	92
10.3.	Снага максимално дозвољене дисипације диоде . . . . .	94
10.4.	Ценерове или пробојне диоде . . . . .	94

#### Једанаеста глава – ПРИМЕНА ДИОДЕ

11.1.	Усмеравање наизменичне струје . . . . .	96
11.2.	Једнофазно полуталасно усмеравање . . . . .	97
11.3.	Двофазно полуталасно усмеравање . . . . .	99
11.4.	Једнофазно пуноталасно усмеравање . . . . .	101
11.5.	Фактор таласности . . . . .	102
11.6.	Електрични филтри . . . . .	103
11.6.1.	Капацитивни филтер . . . . .	103
11.6.2.	$LC$ филтер . . . . .	105
11.7.	Диода као ограничавач нивоа напона . . . . .	106
11.8.	Умножач напона једносмерне струје . . . . .	108
11.9.	Вишефазно усмеравање наизменичних струја . . . . .	109
11.9.1.	Вишефазно полуталасно усмеравање . . . . .	109
11.9.2.	Вишефазно пуноталасно усмеравање . . . . .	111
11.10.	Задаци . . . . .	112

#### Дванаеста глава – ТРАНЗИСТОРИ

12.1.	Основни појмови . . . . .	112
12.2.	Рад транзистора . . . . .	113
12.2.1.	Врсте и састав транзистора . . . . .	113
12.2.2.	Рад транзистора . . . . .	114
12.2.3.	Појачавачко својство транзистора . . . . .	117
12.2.4.	$NPN$ транзистори . . . . .	117
12.3.	Електричне везе транзистора . . . . .	117
12.3.1.	Статичке карактеристике транзистора код везе са заједничком базом . . . . .	118
12.3.2.	Статичке карактеристике транзистора код везе са заједничким емитором . . . . .	120
12.4.	Транзистор као струјни појачавач . . . . .	123
12.5.	Одређивања положаја радне тачке мировања транзистора . . . . .	125
12.5.1.	Коефицијент стабилности транзистора . . . . .	125
12.5.2.	Поларизација са сталном струјом . . . . .	126
12.5.3.	Поларизација транзистора помоћу делитеља напона . . . . .	128
12.5.4.	Поларизација емитора . . . . .	130
12.6.	Пример одређивања положаја радне тачке мировања . . . . .	131
12.7.	Еквивалентна кола транзистора . . . . .	132
12.7.1.	Опште једначине транзистора као четворокрајника . . . . .	132
12.7.2.	Еквивалентно коло транзистора са заједничком базом . . . . .	134
12.7.3.	Еквивалентно коло транзистора са заједничким емитором . . . . .	135

12.7.4.	Решавање транзисторског кола са заједничким емитором помоћу еквивалентне шеме . . . . .	137
12.7.5.	Еквивалентна шема транзистора са заједничким емитором са хибридним параметрима . . . . .	138
12.7.6.	Особине појачавачког степена са транзисторима изражене помоћу хибридних параметара . . . . .	140
12.7.7.	Еквивалентно коло са хибридним – $\pi$ параметрима . . . . .	141
12.8.	Класификација појачавача . . . . .	142
12.9.	Изобличење или дисторзија у појачавачима . . . . .	143

### Тринаеста глава – ОСНОВИ ПОЈАЧАВАЧА $RC$ СПРЕГЕ

13.1.	Основна кола . . . . .	145
13.2.	Појачање у опсегу средњих учестаности . . . . .	146
13.3.	Појачање у опсегу ниских учестаности . . . . .	147
13.4.	Појачање у опсегу високих учестаности . . . . .	148
13.5.	Карактеристике појачавача . . . . .	150
13.6.	Вишестепени појачавач . . . . .	151
13.7.	Израчунавање појачања у децибелима . . . . .	152

### Четрнаеста глава – УНИПОЛАРНИ ТРАНЗИСТОРИ

14.1.	Транзистор са ефектом поља – фет . . . . .	154
14.2.	Принцип рада транзистора са ефектом поља . . . . .	154
14.3.	Мос транзистори . . . . .	158
14.3.1.	Увод . . . . .	158
14.3.2.	Мос транзистор са индукованим каналом . . . . .	159
14.3.3.	Мос транзистор са формираним каналом . . . . .	161
14.3.4.	Руковање са мос транзистором . . . . .	162
14.4.	Еквивалентна кола транзистора са ефектом поља . . . . .	162
14.5.	Комплементарни мос транзистори . . . . .	165
14.6.	Задаци . . . . .	166

### Петнаеста глава – ИНТЕГРИСАНА КОЛА И САВРЕМЕНА ИЗГРАДЊА ТРАНЗИСТОРА

15.1.	Савремена изградња транзистора . . . . .	167
15.1.1.	Мега техника . . . . .	167
15.1.2.	Поступак планарне технике . . . . .	168
15.1.3.	Техника епитаксијалног раста . . . . .	169
15.2.	Интегрисана или микроелектронска кола . . . . .	169

### Шеснаеста глава – НЕКЕ ВРСТЕ ЕЛЕКТРОНСКИХ ПОЈАЧАВАЧА

16.1.	Појачавачи снаге са трансформаторском спрегом . . . . .	172
16.2.	Симетрична спрега појачавача . . . . .	173
16.3.	Појачавачи са резонантним колима . . . . .	174
16.4.	Појачавачи са директном спрегом или једносмерни појачавачи . . . . .	175
16.5.	Диференцијални појачавачи . . . . .	176

### Седмнаеста глава – ЕЛЕКТРОНСКИ ОСЦИЛАТОРИ

17.1.	Увод . . . . .	177
17.2.	Квалитативан опис рада линеарног електронског осцилатора . . . . .	179
17.3.	Линеарна теорија осцилатора . . . . .	181
17.4.	Учестаност осциловања електронског осцилатора . . . . .	184
17.5.	Неке врсте осцилатора . . . . .	185
17.5.1.	Хартлејев осцилатор . . . . .	185
17.5.2.	Колпицов осцилатор . . . . .	186

## Осамнаеста глава – МОДУЛАЦИЈА И ДЕМОДУЛАЦИЈА

18.1.	Амплитудна модулација . . . . .	188
18.2.	Демодулација . . . . .	192
18.3.	Умножавање и мешање учестаности . . . . .	194
18.3.1.	Умножавање учестаности . . . . .	194
18.3.2.	Мешање или претварање учестаности . . . . .	194

## Деветнаеста глава – ПОВРАТНА СПРЕГА

19.1.	Увод . . . . .	196
19.2.	Основни делови система са повратном спрегом . . . . .	199
19.3.	Симболични блок-дијаграми система са повратном спрегом . . . . .	199
19.4.	Једначина повратне спреге . . . . .	200
19.5.	Негативна повратна спрега . . . . .	202
19.5.1.	Рад система са јаком негативном повратном спрегом . . . . .	203
19.5.2.	Побољшање стабилности појачавача . . . . .	203
19.6.	Проширење опсега учестаности појачавача . . . . .	204
19.6.1.	Повећање горње граничне учестаности . . . . .	204
19.6.2.	Снижавање доње граничне учестаности . . . . .	206
19.7.	Скраћивање временске константе . . . . .	208
19.7.1.	Пуњење кондензатора у $R-C$ колу . . . . .	208
19.7.2.	Пуњење суда течносту . . . . .	210
19.8.	Позитивна повратна спрега . . . . .	212
19.9.	Објашњење рада електронског осцилатора помоћу позитивне повратне спреге . . . . .	214
19.10.	Блок-дијаграми и њихова алгебра . . . . .	216
19.11.	Електронски регулатор или стабилизатор напона . . . . .	218

## Двадесета глава – СЕРВОМЕХАНИЗМИ

20.1.	Сервомеханизми са једносмерном струјом . . . . .	220
20.2.	Сервомеханизам са наизменичном струјом . . . . .	222
20.3.	Подела и примена сервомеханизма . . . . .	222
20.4.	Сервомотори . . . . .	224

## Двадесет прва глава – АНАЛОГНИ ЕЛЕКТРОНСКИ РАЧУНАРИ

21.1.	Аналогни рачунари . . . . .	224
21.2.	Једноставна кола за диференцијалење . . . . .	225
21.2.1.	$R-C$ коло . . . . .	225
21.2.2.	$R-L$ коло . . . . .	226
21.3.	Једноставна кола за интегралење . . . . .	227
21.3.1.	$R-C$ коло . . . . .	227
21.3.2.	$R-L$ коло . . . . .	227
21.4.	Операциони појачавачи . . . . .	227
21.4.1.	Општи појмови о операционим појачавачима . . . . .	227
21.4.2.	Множење са константом . . . . .	228
21.4.3.	Сабирање . . . . .	229
21.4.4.	Интегралење . . . . .	230
21.4.5.	Диференцијалење . . . . .	232
21.5.	Аналогни електронски рачунари . . . . .	233
21.6.	Решавање алгебарских једначина . . . . .	233
21.7.	Решавање диференцијалне једначине . . . . .	235
21.8.	Неки проблеми рачунара . . . . .	237
21.8.1.	Размере . . . . .	237
21.8.2.	Почетни услови . . . . .	238
21.8.3.	Генератор функција . . . . .	240
21.8.4.	Потенциометри и опорници . . . . .	240
21.8.5.	Сервоуређај . . . . .	241



21.8.6.	Писачи . . . . .	241
21.9.	Електронски дигитални или цифарски рачунари . . . . .	242

#### Двадесет друга глава – КАТОДНА ЦЕВ

22.1.	Катодна цев са електростатичким скретањем електронског млаза . . . . .	243
22.2.	Луминисцентни застор катодне цеви . . . . .	247
22.3.	Катодна цев са магнетним скретањем електронског млаза . . . . .	248
	Литература . . . . .	250

### ДРУГИ ДЕО

#### Двадесет трећа глава – ОСНОВЕ ТЕРМОЕЛЕКТРИЦИТЕТА

23.1.	Директно претварање енергије . . . . .	255
23.2.	Топлотне појаве и електрицитет . . . . .	255
23.3.	Зебеков ефект . . . . .	256
23.4.	Пелтијеов ефект . . . . .	257
23.5.	Томсонов ефект . . . . .	258
23.6.	Зебекова ем. сила . . . . .	259
23.7.	Термоелектрични закони . . . . .	261
23.7.1.	Закон међутемпература . . . . .	261
23.7.2.	Закон слагања ем. сила . . . . .	261
23.7.3.	Закон међуметала . . . . .	263
23.8.	Термодинамичке релације . . . . .	264
23.9.	Зависност Зебекове ем. силе од температуре . . . . .	266
23.10.	Смернице за избор материјала за термоспрег . . . . .	271
23.11.	Задаци . . . . .	272
	Литература . . . . .	273

### ТРЕЋИ ДЕО

#### Двадесет четврта глава – ОСНОВЕ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЊА

24.1.	Увод . . . . .	277
24.2.	Основне и изведене величине . . . . .	278
24.3.	Основне јединице и њихови стандарди . . . . .	281
24.4.	Мерни уређаји и њихови делови . . . . .	283
24.5.	Основни делови електричног мерног уређаја за мерење неелектричних величина . . . . .	284
24.6.	Методe мерења . . . . .	284
24.7.	Неки карактеристични појмови у мерењу . . . . .	286
24.8.	Задаци . . . . .	288

#### Двадесет пета глава – МЕРНИ УРЕЂАЈИ НА ПРИЦИПУ НЕПОСРЕДНОГ ОЦЕЊИВАЊА

25.1.	Увод . . . . .	288
25.2.	Мерни инструменти са покретном завојницом . . . . .	290
25.3.	Принцип рада инструмента са покретном завојницом . . . . .	292
25.4.	Амперметри . . . . .	294
25.5.	Волтметри . . . . .	295
25.6.	Мерење наизменичних струја и напона инструментима са покретном завојницом . . . . .	297
25.7.	Омметар . . . . .	298
25.8.	Једначина кретања покретног система галванометра . . . . .	299
25.9.	Инструменти са покретним гвожђем . . . . .	303
25.10.	Електродинамички инструменти . . . . .	306
25.11.	Мерење снаге . . . . .	311
25.11.1.	Мерење снаге помоћу волтметра и амперметра . . . . .	311

	Страна
25.11.2. Мерење снаге помоћу ватметра . . . . .	311
25.11.3. Симетрично оптерећење везано у звезду . . . . .	313
25.11.4. Симетрично оптерећење везано у троугао . . . . .	314
25.11.5. Мерење снаге трофазног система са четири проводника . . . . .	315
25.12. Индукциони инструменти . . . . .	316
25.13. Бројило електричне енергије . . . . .	319
25.13.1. Принцип рада . . . . .	319
25.13.2. Шеме веза индукционих бројила . . . . .	323
25.14. Логометар . . . . .	324
25.15. Електронски волтметри . . . . .	326
25.15.1. Увод . . . . .	326
25.15.2. Електронски волтметри са диодом . . . . .	327
25.15.3. Електронски волтметри са полупроводничком диодом . . . . .	329
25.15.4. Електронски волтметар типа појачавач – усмерач . . . . .	329
25.16. Операциони појачавач разлике . . . . .	330
25.17. Катодни осцилоскоп и његова примена . . . . .	331
25.17.1. Увод . . . . .	331
25.17.2. Катодни осцилоскоп као волтметар . . . . .	333
25.17.3. Мерење времена помоћу катодног осцилоскопа . . . . .	334
25.17.4. Посматрање облика напона помоћу катодног осцилоскопа . . . . .	334
25.17.5. Једновремено посматрање двеју периодичних појава и мерење фазног помераја . . . . .	334
25.17.6. Мерење учестаности помоћу катодног осцилоскопа . . . . .	335
25.17.7. Кружна и елиптична временска основа . . . . .	336
25.17.8. Добијање хистерезисне криве помоћу катодног осцилоскопа . . . . .	337
25.18. Задаци . . . . .	339

#### Двадесет шеста глава – МЕРНИ УРЕЂАЈИ НА ПРИНЦИПУ РАВНОТЕЖЕ

26.1. Компензациони или потенциометарски мерни уређаји . . . . .	341
26.1.1. Принцип рада потенциометра са сталном струјом . . . . .	342
26.1.2. Потенциометри са самоуравнотежавањем или сервопотенциометри . . . . .	345
26.2. Електрични мостови за једносмерну струју . . . . .	346
26.2.1. Витонов мост . . . . .	346
26.2.2. Томсонов мост . . . . .	348
26.2.3. Поступак уравнотежавања Томсоновог моста . . . . .	350
26.3. Мостови за наизменичне струје или мостови за мерење импеданси . . . . .	352
26.3.1. Општи случај моста . . . . .	354
26.3.2. Посебни случајеви моста . . . . .	354
26.3.3. Осетљивост моста са наизменичним струјама . . . . .	354
26.4. Неке врсте мостова са наизменичним струјама . . . . .	357
26.4.1. Мерење топлотворне отпорности електролита . . . . .	357
26.4.2. Мост за мерење капацитивности Сотт . . . . .	357
26.4.3. Мерење капацитивности помоћу Виновог моста . . . . .	359
26.4.4. Шерингов мост . . . . .	360
26.4.5. Мерење коефицијента индукције помоћу моста . . . . .	360
26.4.6. Винов мост за мерење учестаности . . . . .	362
26.4.7. Мостови на принципу резонансе . . . . .	362
26.5. Неуравнотежени Витонов мост . . . . .	363
26.6. Сложена Т кола . . . . .	366
26.6.1. Двоструко – Т коло . . . . .	366
26.6.2. Премошћено – Т коло . . . . .	367
26.6.3. Неки примери Т кола . . . . .	368
26.7. Задаци . . . . .	

#### Двадесет седма глава – ЕЛЕКТРИЧНО МЕРЕЊЕ НЕЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИНА

27.1. Претварачи . . . . .	370
27.2. Мерење температуре помоћу термоспрега . . . . .	371
27.2.1. Неке врсте термоспрегова . . . . .	371

27.2.2.	Мерење температуре у колу са милливолтметром . . . . .	372
27.2.3.	Мерење температуре са термоспрегом помоћу потенциометра . . . . .	375
27.2.4.	Мост за компензацију дејства промене температуре референтног споја . . . . .	376
27.2.5.	Термоспрег са самоодешавањем дејства промене температуре референтног споја . . . . .	377
27.2.6.	Разни облици, везе и примене термоспрега . . . . .	378
27.3.	Мерење температуре променом електричне отпорности метала . . . . .	379
27.3.1.	Утицај температуре на отпорност метала . . . . .	379
27.3.2.	Платински термометар . . . . .	381
27.3.3.	Термометри од других метала . . . . .	383
27.4.	Прецизно мерење отпорности . . . . .	383
27.5.	Континуално мерење температуре . . . . .	386
27.5.1.	Мерење температуре неуравнотеженим Витстонским мостом . . . . .	386
27.5.2.	Мерење температуре логометром . . . . .	386
27.5.3.	Аутоматско мерење температуре . . . . .	387
27.6.	Мерење температуре помоћу термистора . . . . .	387
27.7.	Примена промене отпорности са температуром за нека мерења гасова и течности . . . . .	388
27.7.1.	Термоанеометар . . . . .	388
27.7.2.	Мерење термичке проводности гаса . . . . .	389
27.8.	Мерење истезања и притиска помоћу отпорне мерне траке . . . . .	389
27.9.	Мерење нивоа диелектричне течности . . . . .	392
27.10.	Мерење концентрације водоникових јона (pH мерења) . . . . .	392
27.10.1.	Потенциометарска pH-метри . . . . .	393
27.10.2.	Електронски pH-метри . . . . .	394
27.11.	Принцип рада осцилометра . . . . .	394
27.12.	Задачи . . . . .	396
	Литература . . . . .	397
	Преглед појмова и имена . . . . .	399