

1. FYZIKÁLNÍ ZÁKLADY.	1
Základní rovnice a vztahy	1
Celková hustota driftového proudu J_f v polovodiči	1
Celková hustota elektronového proudu J_f v polovodiči	2
Rovnice kontinuity pro elektrony	2
Rovnice kontinuity pro díry	3
Poissonova rovnice	3
Generačně-rekombinační procesy v polovodiči	4
PŘÍKLADY	5
Příklad 1.1 – Použití základních vztahů	5
Příklad 1.2 – Použití základních vztahů	5
Příklad 1.3 – Použití základních vztahů	6
Příklad 1.4 – Použití základních vztahů	6
Příklad 1.5 – Použití základních vztahů	7
Příklad 1.6 – Použití základních vztahů	7
Příklad 1.7 – Výpočet minimální vodivosti polovodiče	8
Příklad 1.8 – Výpočet vnitřního elektrického pole v nehomogenním polovodiči	10
Příklad 1.9 – Výpočet závislosti koncentrace volných nosičů náboje na koncentraci příměsových atomů	12
Příklad 1.10 – Výpočet koncentrace volných nosičů náboje	13
Příklad 1.11 – Výpočet koncentrace volných nosičů náboje	13
Příklad 1.12 – Výpočet koncentrace volných nosičů náboje	14
Příklad 1.13 – Porušení nábojové neutrality	14
Příklad 1.14 – Modulace vodivosti polovodiče injekcí minoritních nosičů	16
Příklad 1.15 – Vliv zavádění majoritních nosičů náboje na vodivost polovodiče	18
Příklad 1.16 – Rychlost zániku nadbytečné koncentrace minoritních nosičů	19
Příklad 1.17 – Rychlost difúzního pohybu	20
Příklad 1.18 – Výpočet difúzního proudu	21
2. PŘECHOD PN A JEHO VLASTNOSTI	22
Základní rovnice a vztahy	22
Rovnice voltampérové charakteristiky idealizovaného přechodu PN	22
Proudová hustota závěrného proudu	22
Dioda s dlouhou bází	23
Dioda s krátkou bází	23
Difúzní napětí V_0 strmého přechodu PN	23

Difúzní napětí V_0 pozvolného přechodu PN	24
Šířka x_p vyprázdněné vrstvy strmého přechodu PN v polovodiči typu P	24
Šířka x_n vyprázdněné vrstvy strmého přechodu PN v polovodiči typu N	24
Bariérová kapacita strmého přechodu PN	24
Bariérová kapacita pozvolného přechodu PN	25
Injekční účinnost γ_p přechodu PN (emitorem je oblast P)	25
Injekční účinnost diod s dlouhou bází	25
Injekční účinnost diod s krátkou bází	25

PŘÍKLADY

Příklad 2.1 – Odvození vztahu pro difúzní napětí strmého přechodu PN	25
Příklad 2.2 – Výpočet difúzního napětí strmého germaniového přechodu PN	27
Příklad 2.3 – Výpočet difúzního napětí strmého křemíkového přechodu PN	27
Příklad 2.4 – Výpočet difúzního napětí křemíkového přechodu PN	28
Příklad 2.5 – Výpočet difúzního napětí germaniového přechodu PN	28
Příklad 2.6 – Výpočet koncentrace příměsí při známém difúzním napětí	29
Příklad 2.7 – Výpočet závislosti šířky vyprázdněné vrstvy a intenzity elektrického pole strmého přechodu PN na vnějším napětí	30
Příklad 2.8 – Výpočet šířky vyprázdněné vrstvy strmého přechodu PN a maximální intenzity elektrického pole	32
Příklad 2.9 – Výpočet difúzního napětí V_0 a šířky depletiční vrstvy strmého přechodu PN	33
Příklad 2.10 – Odvození vztahu pro závislost bariérové kapacity strmého přechodu PN na napětí	33
Příklad 2.11 – Výpočet bariérové kapacity strmého přechodu PN	34
Příklad 2.12 – Vztah mezi děrovým a elektronovým proudem diody s krátkou a dlouhou bází	35
Příklad 2.13 – Změna napětí na diodě při změně propustného proudu	36
Příklad 2.14 – Změna napětí na diodě při změně proudu diodou	36
Příklad 2.15 – Určení difúzního napětí V_0 a koncentrace příměsí N_D z grafu závislosti $(1/C_T)^2$	36
Příklad 2.16 – Určení šířky w oblasti N, difúzního napětí V_0 a koncentrace příměsí N_A, N_D , struktury P^+NN^+ pomocí změřené závislosti $(1/C_T)^2$	38
Příklad 2.17 – Určení koncentrace příměsí méně legované oblasti přechodu P^+N pomocí změřené kapacity přechodu	39
Příklad 2.18 – Výpočet tloušťky depletiční vrstvy a koncentrace příměsí v přechodu PN	39
Příklad 2.19 – Úbytek napětí na diodě	40
Příklad 2.20 – Odvození vztahu pro voltampérovou charakteristiku přechodu PN	41
Příklad 2.21 – Odvození vztahu pro injekční účinnost přechodu PN	44

Příklad 2.22 – Výpočet injekční účinnosti přechodu PN	46
Příklad 2.23 – Výpočet koncentrace příměsí pro požadovanou injekční účinnost	47
3. SOUČÁSTKY S PŘECHODEM PN A JEJICH VLASTNOSTI	48
Příklad 3.1 – Teplotní a difúzní napětí křemíkového přechodu PN	48
Příklad 3.2 – Výpočet proudu diodou	48
Příklad 3.3 – Výpočet závislosti diferenciálního odporu diody na proudu diodou	49
Příklad 3.4 – Výpočet stejnosměrného a diferenciálního odporu diody	50
Příklad 3.5 – Závislost difúzní kapacity diody na proudu diodou	52
Příklad 3.6 – Výpočet difúzní kapacity diody s dlouhými oblastmi P a N	53
Příklad 3.7 – Vliv teploty na proud diodou	54
4. OBVODOVÉ VLASTNOSTI DIOD	56
Příklad 4.1 – Střední hodnota napětí na výstupu jednocestného usměrňovače	56
Příklad 4.2 – Střední hodnota napětí na výstupu jednocestného usměrňovače	56
Příklad 4.3 – Vliv úbytku napětí na reálné diodě na výstupní napětí usměrňovače	57
Příklad 4.4 – Určení proudů a napětí v diodovém obvodu	57
Příklad 4.5 – Stabilizační účinky polovodičové diody	58
Příklad 4.6 – Stabilizační vlastnosti polovodičové diody	59
5. BIPOLÁRNÍ TRANZISTORY A JEJICH VLASTNOSTI	61
Základní rovnice a vztahy	61
Příklad 5.1 – Největší teoretická hodnota proudového zesilovacího činitele β	63
Příklad 5.2 – Proudový zesilovací činitel tranzistoru	64
Příklad 5.3 – Proudový zesilovací činitel tranzistoru α a β	64
Příklad 5.4 – Proudový zesilovací činitel tranzistoru α a β	65
Příklad 5.5 – Procentuelní změny proudových zesilovacích činitelů α a β	65
Příklad 5.6 – Stejnosměrný proudový zesilovací činitel α_F a β_F	66
Příklad 5.7 – Vztahy mezi proudy I_C , I_B , I_E tranzistoru	66
Příklad 5.8 – Kolektorová ztráta tranzistoru	66
Příklad 5.9 – Aplikace základních rovnic	67
Příklad 5.8 – Aplikace základních vztahů	68
6. OBVODY S BIPOLÁRNÍMI TRANZISTORY	72
Pracovní bod bipolárního tranzistoru a jeho určení	72
Příklad 6.1 – Určení pracovního bodu tranzistoru	74
Příklad 6.2 – Výpočet pracovního bodu tranzistoru	78
Příklad 6.3 – Výpočet pracovního bodu tranzistoru	78
Příklad 6.4 – Určení provozního režimu tranzistoru	79
Příklad 6.5 – Mezní parametry tranzistoru	80

Příklad 6.6 – Určení hodnot součástek pro daný pracovní bod	80
Příklad 6.7 - Určení provozního režimu tranzistoru	81
Příklad 6.8 - Určení provozního režimu tranzistoru	82
Příklad 6.9 – Určení součástek pro daný pracovní bod	83
Příklad 6.10 - Určení pracovního bodu tranzistoru	83
Příklad 6.11 – Výpočet pracovního bodu tranzistoru s respektováním tolerancí součástek	84
Příklad 6.12 – Určení provozního režimu tranzistoru a polohy pracovního bodu	85
Příklad 6.13 – Určení pracovního bodu tranzistoru a minimální hodnoty rezistoru kolektoru pro činnost tranzistoru v normální pracovní oblasti	86
Příklad 6.14 - Určení provozního režimu tranzistoru	88
Příklad 6.15 - Určení pracovního bodu tranzistoru	90
Příklad 6.16 – Výpočet hodnot součástek pro zadaný pracovní bod tranzistoru	91
Příklad 6.17 - Určení pracovního bodu tranzistoru	92
Příklad 6.18 - Určení pracovního bodu tranzistoru	93
Příklad 6.19 - Určení pracovního bodu tranzistoru	94
Příklad 6.20 - Určení pracovního bodu tranzistoru	94
Příklad 6.21 – Návrh hodnot součástek jednostupňového zesilovače pro zadané pracovní podmínky při respektování tolerancí proudového zesilovacího činitele tranzistoru	94
Příklad 6.22 – Výpočet změn kolektorového proudu tranzistoru v daném obvodu pro zadané pracovní podmínky při respektování tolerancí proudového zesilovacího činitele tranzistoru	96
Příklad 6.23 – Výpočet pracovního bodu tranzistoru v zapojení se společnouází	97
Příklad 6.24 - Výpočet pracovního bodu tranzistoru v zapojení se společným kolektorem	98
Příklad 6.25 - Výpočet pracovního bodu tranzistoru v zapojení se společným emitorem	100
Příklad 6.26 – Výpočet vlivu změn teploty na změny kolektorového proudu způsobené změnami napětí mezi bází a emitorem, změnami proudového zesilovacího činitele a změnami zbytkového proudu kolektoru	100
Příklad 6.27 – Návrh zesilovače s jedním tranzistorem s respektováním změn teploty a tolerancí parametrů tranzistoru	104
Příklad 6.28 – Jednoduchý zdroj proudu	107
Příklad 6.29 – Tranzistorový proudový zdroj	107
Příklad 6.30 - Tranzistorový proudový zdroj	109
Příklad 6.31 – Tranzistor jako spínač	111
Příklad 6.32 – Tranzistor jako spínač	112
Příklad 6.33 – Tranzistor jako spínač	112
Příklad 6.34 – Tranzistor jako invertor	113
Příklad 6.35 – Stejnoseměrná analýza dvoustupňového přímovězaného zesilovače	113
Příklad 6.36 – Určení pracovního bodu tranzistorového zesilovače	115
Příklad 6.37 – Určení pracovního bodu tranzistoru v daném obvodu	116

Příklad 6.38 - Určení pracovního bodu tranzistorů u dvoustupňového přímovázaného zesilovače	117
Příklad 6.39 - Návrh dvoustupňového přímovázaného zesilovače	119
Příklad 6.40 - Odvození jednoduché metody pro určení pracovního bodu tranzistoru	122
Příklad 6.41 - Určení pracovního bodu tranzistoru	123
Příklad 6.42 - Použití jednoduchého modelu tranzistoru pro výpočet pracovního bodu	124
Příklad 6.43 - Návrh pracovních bodů přímovázaného zesilovače	126
Příklad 6.44 - Náhradní obvod tranzistorového zesilovače v zapojení se společným emitorem	128
Příklad 6.45 - Náhradní obvod tranzistorového zesilovače- zapojení se společnou bází	132
Příklad 6.46 - Náhradní obvod tranzistorového zesilovače- zapojení se společným kolektorem	134
Příklad 6.47 - Určení vlastností tranzistorového zesilovače	136
7. TRANZISTORY S PŘECHODOVÝM HRADLEM (JFET)	141
Základní rovnice a vztahy	141
Model respektující vliv napětí U_{DS} na proud kolektoru	141
Napětí zaškrčení kanálu U_{PI}, prahové napětí U_{TO}	142
Strmost g_m tranzistoru v saturační oblasti	142
Příklad 7.1 - Vztahy mezi parametry tranzistoru	143
Příklad 7.2 - Výpočet prahového napětí U_{TO}	144
Příklad 7.3 - Výpočet prahového napětí U_{TO}	144
Příklad 7.4 - Výpočet základních veličin tranzistoru	145
Příklad 7.5 - Výpočet napětí zaškrčení kanálu	146
Příklad 7.6 - Vztahy mezi proudem I_{SS} , napětím zaškrčení kanálu U_{PI} a strmostí g_m	146
Příklad 7.7 - Vztahy mezi proudem kolektoru I_D , napětím zaškrčení kanálu $U_{GS(off)}$ a napětím U_{GS} mezi hradlem a emitorem	146
8. OBVODY S TRANZISTORY JFET	148
Příklad 8.1 - Provoz tranzistoru v režimu saturace	148
Příklad 8.2 - Návrh součástek pro obvod s tranzistorem JFET	148
Příklad 8.3 - Určení emitorového odporu pro požadované napětí mezi hradlem a emitorem daného zapojení	149
Příklad 8.4- Nastavení pracovního bodu tranzistoru do středu převodní charakteristiky	149
Příklad 8.5 - Výpočet hodnoty rezistoru v obvodu emitoru pro nastavení pracovního bodu do středu pracovní oblasti	150
Příklad 8.6 - Určení pracovního bodu tranzistoru	151
Příklad 8.7 - Určení pracovního bodu tranzistoru	152
Příklad 8.8 - Určení pracovního bodu tranzistoru	152

9 UNIPOLÁRNÍ TRANZISTORY MIS FET	154
Základní rovnice a vztahy	154
Jednoduchý model tranzistoru s indukovaným kanálem	154
Jednoduchý model tranzistoru se zabudovaným kanálem	154
PŘÍKLADY	155
Příklad 9.1 – Určení pracovní oblasti tranzistoru	155
Příklad 9.2 – Výpočet proudového faktoru β tranzistoru	155
Příklad 9.3 – Vztahy mezi proudy a napětími tranzistoru	155
Příklad 9.4 – Určení typu vodivosti kanálu tranzistoru	156
Příklad 9.5 – Výpočet proudu kolektoru	156
Příklad 9.6 – Výpočet proudu kolektoru	157
Příklad 9.7 – Výpočet kolektorového proudu tranzistoru	157
10. OBVODY S TRANZISTORY MIS FET	158
Příklad 10.1 – Návrh hodnot součástek tranzistorového obvodu	158
Příklad 10.2 – Určení hodnoty odporu v daném obvodě	158
Příklad 10.3 – Výpočet hodnoty odporu	159
Příklad 10.4 – Analýza daného zapojení	159
Příklad 10.5 – Návrh napájecího obvodu	160
Příklad 10.6 – Analýza obvodu	161
Příklad 10.7 – Návrh obvodu	161
Příklad 10.8 – Určení pracovního bodu tranzistoru	162
Příklad 10.9 – Určení pracovního bodu tranzistoru	162
Příklad 10.10 – Určení pracovního bodu tranzistoru	163
Příklad 10.11 – Výpočet pracovního bodu tranzistoru	164
Příklad 10.12 – Analýza daného zapojení	165
LITERATURA	166

Jihočeská vědecká knihovna
v Českých Budějovicích
(3)