

eman ta zabal zazu

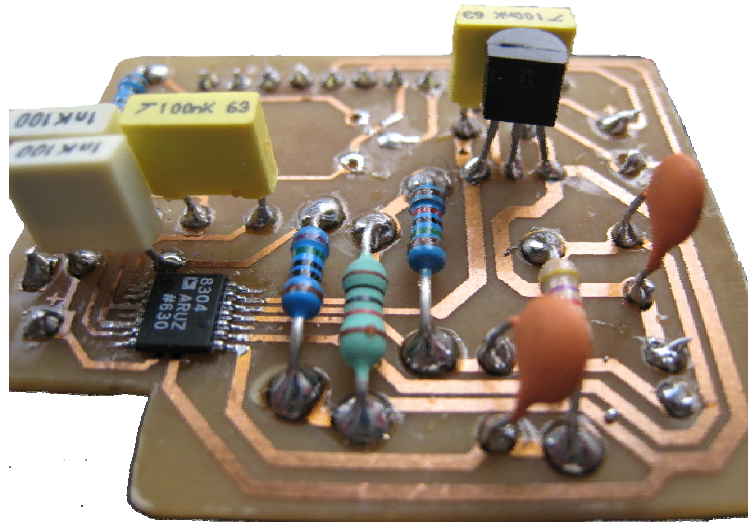


Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Gailuen elektronika

Azterketen bilduma (1999-2009)



Federico Recart Barañano
Susana Uriarte del Río
Rubén Gutiérrez Serrano
Iñigo Kortabarria Iparragirre
Eneko Fernández Martín

**EUSKARA ETA ELEANIZTASUNEN
ERREKTOREORDETZAREN SARE ARGITALPENA**

Liburu honek UPV/EHUko Euskara eta Eleaniztasuneko Errektoreordetzaren diru-laguntza jaso du

Aurkibide kronologikoa

Urtea	Deialdia	Deskribapena	Orr.	
2009	iraila	Irradiazioa detektatzeko zirkuitua	3	
		Base komuneko anplifikadorea	4	
		Iturri komuneko anplifikadorea	5	
	ekaina	Transistoreen polarizazioa eta Ebers-Moll	6	
		Igorle komuneko anplifikadorea	7	
		Iturri komuneko anplifikadorea	8	
		Argizatutako diodoak	9	
		Zirkuitu diododunak	10	
	otsaila (partziala)	Erdieroalezko lagina argipean	11	
		Diodo berezi baten asetahuneko korrontea	12	
		Zirkuitu diododunak	13	
		Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak	14	
	2008	iraila	Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak	21
			Zener diodoak	25
Igorle komuneko anplifikadorea			26	
Iturri komuneko anplifikadorea			27	
ekaina		Transistore bipolarren polarizazioa eta Ebers-Moll eredua	28	
		Igorle komuneko anplifikadorea	29	
		Bi anplifikadore jarraian (FET transistoreekin)	30	
		Erdieroaleen erresistibitatea eta tenperatura	31	
		Diodoak eta fotosorrera	33	
		Zirkuitu diododunak	34	
otsaila (partziala)		Argizaturiko erdieroalezko lagina	35	
		Diodo berezi baten asetahuneko korrontea eta erabilera	36	
		Transferentzia-kurba	38	

Urtea	Deialdia	Deskribapena	Orr.
2007	iraila	Diodo baten asetahuneko korronea eta argipeko portaera	41
		Elikadura-iturria seinale sinusoidal batetik abiatuz	42
		Bi etapako anplifikadorea (iturri + igorle komunean)	43
	ekaina	Transistore bipolarra eta Ebers-Moll eredu	45
		Bi transistore bipolarrez osaturiko anplifikadorea	46
		Iturri komuneko anplifikadorea	47
		Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak	48
		Diodo baten asetahuneko korronea eta argipeko portaera	49
		Transferentzia-kurba jakin bat lortzeko zirkuitua	50
	otsaila (partziala)	P-i-N egitura baten potentzial termodinamiko	51
		Eramailen erdibizitza eta soberakinaren denborarekiko bilakaera	52
		Diodo baten asetahuneko korronea eta argipeko portaera	53
		Zirkuitu diododunak	55
2006	iraila	Diodo baten argipeko portaera	59
		Diodoen aplikazio nagusiak: zuzentzaileak eta mugatzaileak	60
		Transistore bipolarrak egokiro polarizatzen	61
		Iturri komuneko anplifikadorea	62
		Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak	63
	ekaina	Igorle komuneko anplifikadorea	64
		Transistore bipolarren polarizazioa	65
		Iturri komuneko anplifikadorea	66
		Erdieroalezko lagin baten argipeko analisisa	67
		Transferentzia-kurbak	68
	otsaila (partziala)	Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak	69
		Soberakinaren profilaren analisisa	71
		Diodo jakin baten asetahuneko korronea	72
		Zirkuitu diododunak	74

Urtea	Deialdia	Deskribapena	Orr.
2005	iraila	Erdieroalezko lagin baten analisisa	77
		Zirkuitu diododunak	78
		Zirkuitu anplifikadorea bi transistoreekin	79
	ekaina	Igorle komuneko anplifikadorea	81
		JFETen polarizazioa	82
		Erdieroalezko lagin baten analisisa	83
		Zirkuitu diododunak eta ereduak	84
2004	iraila	Tenperatura detektatzeko sistema	87
		Igorle komuneko anplifikadorea	90
	ekaina	Transistore bipolarren polarizazioa	91
		Igorle komuneko anplifikadorea	92
		Iturri komuneko anplifikadorea	93
		Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	94
		Zirkuitu diododunak	96
	otsaila (partziala)	Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	97
		Zirkuitu diododunak	98
		PN junturako diodo baten analisisa eta polarizazioa	99
2003	iraila	Kolektore komuneko anplifikadorea	103
		JFETen egitura eta erabilera zirkuitu anplifikadoreetan	104
		Zirkuitu diododunak	106
	ekaina	Transistore bipolarren polarizazioa	107
		Igorle komuneko anplifikadorea	108
		Eremu efektu transistoreei buruzko galdera laburrak	109
		Lagin bateko soberakinaren denborarekiko bilakaera	111
		Diodoen analisisa eta erabilera	113
	otsaila (partziala)	Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	114
		PN juntura baten analisisa	115
		Transferentzia-kurba	116

Urtea	Deialdia	Deskribapena	Orr.
2002	iraila	Galdera teorikoak	119
		Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	120
		Transferentzia-kurba	121
		Bi etapako anplifikadorea	122
	ekaina	Igorle komuneko anplifikadorea	123
		Iturri komuneko anplifikadorea (p pasabideko MOSFETa)	124
		Lagin bateko soberakinaren denborarekiko bilakaera	125
		Transferentzia-kurbak	126
	otsaila (berezia)	Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	127
		Transferentzia-kurbak	128
		Bi etapako anplifikadorea	129
	otsaila (partziala)	Diodo baten asetahuneko korrontea eta profilak	131
		Zener diodoen hausturako tentsioa eta barneko potentziala	132
		Transferentzia-kurbak	134
		Diodo erregimen dinamikoan: galdera teorikoak	135
	2001	iraila	X izpietako aparatu batentzako segurtasun-adierazlea
Insulated Gate Bipolar Transistors (IGBT)			141
ekaina		Kolektore komuneko anplifikadorea	143
		Iturri komuneko anplifikadorea (JFETa)	144
		Korronte-ispilua: transistoreen polarizazioa eta Ebers-Moll	145
		Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	146
		Transferentzia-kurbak	147
		Galdera teorikoak	148
otsaila (partziala)		Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	149
		Diodo baten analisisa polarizaziopean	150
		Transferentzia-kurbak	151

Urtea	Deialdia	Deskribapena	Orr.
2000	iraila	Argiztaturiko diodo baten analisisa	155
		Transferentzia-kurbak	156
		Igorle komuneko anplifikadorea	157
		Bi etapako anplifikadorea	158
	ekaina	Igorle komuneko anplifikadorea	160
		Bi etapako anplifikadorea	161
		Transistore bipolarren polarizazioa: Ebers-Moll eredua	162
		Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	163
		Transferentzia-kurbak	164
	otsaila (partziala)	Diodo baten analisisa argipean	165
		Diodoa seinale txikiko erregimenean	166
		Transferentzia-kurbak	167
	1999	ekaina	Transistore bipolarren polarizazioa: Ebers-Moll eredua
Bi etapako anplifikadorea			172
Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa			173
Diodoaren ezaugarriaren Shockley-rekiko desbideraketak			174
Transferentzia-kurbak			175
otsaila (partziala)		Hustutako eskualdeen analisisa eta junturako kondentsadorea	176
		Diodo bateko profilen analisisa eta zirkuitu baten ebazpena	177
		Transferentzia-kurbak	178

Aurkibidea gaiaren arabera

Erdieroalea

Deialdia	Deskribapena	Orr.
2009-02	Erdieroalezko lagina argipean	11
2008-06	Erdieroaleen erresistibitatea eta temperatura	31
2008-02	Argiztaturiko erdieroalezko lagina	35
2007-02	Eramaileen erdibizitza eta soberakinaren denborarekiko bilakaera	52
2006-06	Erdieroale lagin baten argipeko analisisa	67
2006-02	Soberakinaren profilaren analisisa	71
2005-09	Erdieroalezko lagin baten analisisa	77
2005-06	Erdieroalezko lagin baten analisisa	83
2004-06	Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	94
2004-02	Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	97
2003-06	Lagin bateko soberakinaren denborarekiko bilakaera	111
2003-02	Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	114
2002-02	Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	120
2002-06	Lagin bateko soberakinaren denborarekiko bilakaera	125
2002-02	Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	127
2001-06	Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	146
2001-02	Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	149
2000-06	Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	163
1999-06	Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisa	173

Diodoa

Deialdia	Deskribapena	Orr.
2009-06	Argizatutako diodoak	9
2009-02	Diodo berezi baten asetarako korrantea	12
2008-09	Zener diodoak	25
2008-06	Diodoak eta fotosorrera	33
2008-02	Diodo berezi baten asetarako korrantea eta erabilera	36
2007-09	Diodo baten asetarako korrantea eta argipeko portaera	41
2007-06	Diodo baten asetarako korrantea eta argipeko portaera	49
2007-02	P-i-N egitura bateko potentzial termodinamikoa	51
2007-02	Diodo baten asetarako korrantea eta argipeko portaera	53
2006-09	Diodo baten argipeko portaera	59
2006-02	Diodo jakin baten asetarako korrantea	72
2004-02	PN junturako diodo baten analisia eta polarizazioa	99
2003-06	Diodoen analisia eta erabilera	113
2003-02	PN juntura baten analisia	115
2002-02	Diodo baten asetarako korrantea eta profilak	131
2002-02	Zener diodoen hausturako tentsioa eta barneko potentziala	132
2001-02	Diodo baten analisia polarizaziopean	150
2000-09	Argizaturiko diodo baten analisia	155
2000-02	Diodo baten analisia argipean	165
1999-06	Diodoaren ezaugarriaren Shockley-rekiko desbideraketak	174
1999-02	Hustutako eskualdeen analisia eta junturako kondentsadorea	176
1999-02	Diodo bateko profilen analisia eta zirkuitu baten ebazpena	177

Diodoa (zirkuituak)

Deialdia	Deskribapena	Orr.
2009-06	Zirkuituak diodoekin	10
2009-02	Zirkuituak diodoekin	13
2008-06	Zirkuituak diodoekin	34
2008-02	Transferentziaren kurba	38
2007-09	Elikadura iturria seinale sinusoidal batetik abiatuz	42
2007-06	Transferentziaren kurba jakin bat lortzeko zirkuitua	50
2007-02	Zirkuituak diodoekin	55
2006-09	Diodoen aplikazio nagusiak: zuzentzaileak eta mugatzaileak	60
2006-06	Transferentziaren kurbak	68
2006-02	Zirkuituak diodoekin	74
2005-09	Zirkuituak diodoekin	78
2005-06	Zirkuituak diodoekin eta ereduak	84
2004-06	Zirkuituak diodoekin	96
2004-02	Zirkuituak diodoekin	98
2003-09	Zirkuituak diodoekin	106
2003-02	Transferentziaren kurba	116
2002-02	Transferentziaren kurba	121
2002-06	Transferentziaren kurbak	126
2002-02	Transferentziaren kurbak	128
2002-02	Transferentziaren kurbak	134
2001-06	Transferentziaren kurbak	147
2001-02	Transferentziaren kurbak	151
2000-09	Transferentziaren kurbak	156
2000-06	Transferentziaren kurbak	164
2000-02	Diodoa seinale txikiko erregimenean	166
2000-02	Transferentziaren kurbak	167
1999-06	Transferentziaren kurbak	175
1999-02	Transferentziaren kurbak	178

Transistore bipolarra

Deialdia	Deskribapena	Orr.
2009-09	Base komuneko anplifikadorea	4
2009-06	Transistoreen polarizazioa eta Ebers-Moll	6
2009-06	Igorle komuneko anplifikadorea	7
2008-09	Igorle komuneko anplifikadorea	26
2008-06	Transistore bipolarren polarizazioa eta Ebers-Moll eredua	28
2008-06	Igorle komuneko anplifikadorea	29
2007-06	Transistore bipolarra eta Ebers-Moll eredua	45
2007-06	Bi transistore bipolarrez osaturiko anplifikadorea	46
2006-09	Transistore bipolarrak egokiro polarizatzen	61
2006-06	Igorle komuneko anplifikadorea	64
2006-06	Transistore bipolarren polarizazioa	65
2005-06	Igorle komuneko anplifikadorea	81
2004-09	Igorle komuneko anplifikadorea	90
2004-06	Transistore bipolarren polarizazioa	91
2004-06	Igorle komuneko anplifikadorea	92
2003-09	Kolektore komuneko anplifikadorea	103
2003-06	Transistore bipolarren polarizazioa	107
2003-06	Igorle komuneko anplifikadorea	108
2002-06	Igorle komuneko anplifikadorea	123
2001-06	Kolektore komuneko anplifikadorea	143
2001-06	Korrante-ispilua: transistoreen polarizazioa eta Ebers-Moll	145
2000-09	Igorle komuneko anplifikadorea	157
2000-06	Igorle komuneko anplifikadorea	160
2000-06	Transistore bipolarren polarizazioa: Ebers-Moll eredua	162
1999-06	Transistore bipolarren polarizazioa: Ebers-Moll eredua	171

Eremu efektuko transistoreak

Deialdia	Deskribapena	Orr.
2009-09	Iturri komuneko anplifikadorea	5
2009-06	Iturri komuneko anplifikadorea	8
2008-09	Iturri komuneko anplifikadorea	27
2008-06	Bi anplifikadore jarraian (FET transistoreekin)	30
2007-06	Iturri komuneko anplifikadorea	47
2006-09	Iturri komuneko anplifikadorea	62
2006-06	Iturri komuneko anplifikadorea	66
2005-06	JFETen polarizazioa	82
2004-06	Iturri komuneko anplifikadorea	93
2003-09	JFETen egitura eta erabilera zirkuitu anplifikadoreetan	104
2003-06	Eremu efektu transistoreei buruzko galdera laburrak	109
2002-06	Iturri komuneko anplifikadorea (p pasabideko MOSFETa)	124
2001-06	Iturri komuneko anplifikadorea (JFETa)	144

Orokorrak (ariketak)

Deialdia	Deskribapena	Orr.
2009-09	Irradiazioa detektatzeko zirkuitua	3
2007-09	Bi etapako anplifikadorea (iturri + igorle komunean)	43
2005-09	Zirkuitu anplifikadorea bi transistorerekin	79
2004-09	Temperatura detektatzeko sistema	87
2002-02	Galdera teorikoak	119
2002-02	Bi etapako anplifikadorea	122
2002-02	Bi etapako anplifikadorea	129
2001-09	X izpietako aparatu batentzako segurtasun adierazlea	139
2001-09	Insulated Gate Bipolar Transistors (IGBT)	141
2000-09	Bi etapako anplifikadorea	158
2000-06	Bi etapako anplifikadorea	161

Galdera teorikoak

Deialdia	Deskribapena	Orr.
2009-02	Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak	14
2008-09	Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak	21
2007-06	Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak	48
2006-09	Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak	63
2006-02	Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak	69
2002-02	Diodoa erregimen dinamikoan: galdera teorikoak	135
2001-06	Galdera teorikoak	148
1999-06	Bi etapako anplifikadorea	172

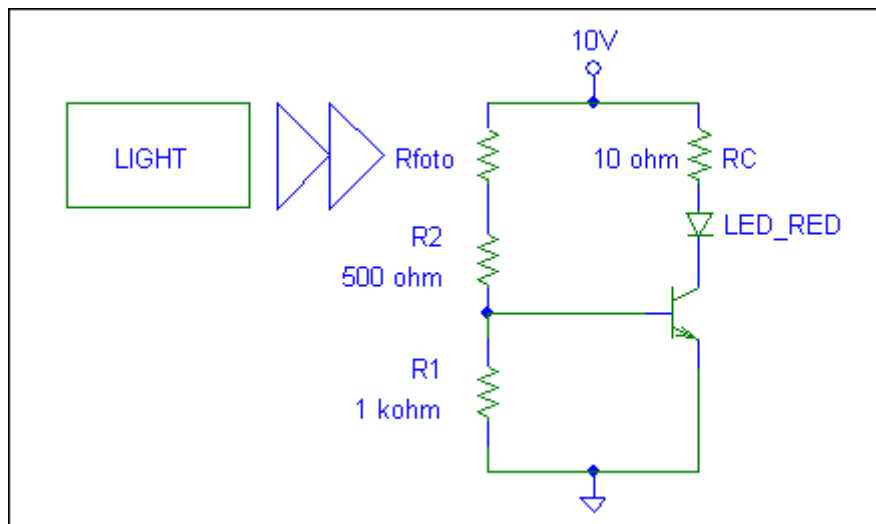
2008/2009

ikasturtea

Irradiazioa detektatzeko zirkuitua

Noiz: 2009ko iraila - **Atalak:** Erdieroalea, diodoa, transistore bipolarra

Irradiazio ultramorea modu seguruan detektatzeko zirkuitu bat diseinatu dugu (ikus 1. irudia). Osagai nagusia R_{foto} da, iristen zaion irradiazioaren potentziarekin aldatzen den erresistentzia. Erresistentzia horren balioaren arabera, BJTaren funtzionamendua aldatuko da eta LED diodoak irradiaziorik dagoen ala ez adieraziko digu.



1. irudia

FOTORRESISTENTZIA:

Fotorresistentzia egiteko, silizio intrintsekozko lagin bat erabili dugu ($n_i=10^{10} \text{ cm}^{-3}$). Lagina $w = 1 \text{ mm}$ luze da, eta sekzioa $A = 1 \text{ mm}^2$ da.

- $\mu_n=1200 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ eta $\mu_p=400 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ direla jakinda, kalkulatu laginaren erresistibitatea eta erresistentzia irradiaziorik ez dagoenean.
- $G = 10^{18} \text{ pare/cm}^3/\text{s}$ sortzen dituen irradiazio bat aplikatzen badugu, zenbat izango da eramaileen soberakina? Jakin kontaktuak pasibaturik daudela eta bolumeneko birkonbinazioa honela modela daitekeela:

$$U = \frac{p \cdot n - n_i^2}{n + p + 2n_i} \cdot \frac{1}{\tau_0}, \text{ non } \tau_0 = 1 \text{ ms.}$$

- Kalkulatu kasu horretako erresistibitatea eta erresistentzia.

ZIRKUITUA:

- Esan zein egoeratan dauden BJTa eta LEDa ilunpeko eta argipeko erresistentzien balioekin, eta kalkulatu haien polarizazio-puntua. a) eta c) atalak ebatzi ez badira, hemen $R_{\text{foto}} = 4 \text{ M}\Omega$ eta $R_{\text{foto}} = 20 \Omega$ balioak har daitezke.
- Zertarako balio du, zure ustez, R_C erresistentziak? Eta R_2 -k?

DATUAK: $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ LED: $V_y = 1,2 \text{ V}$ BJT: $\beta = 100$; $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$

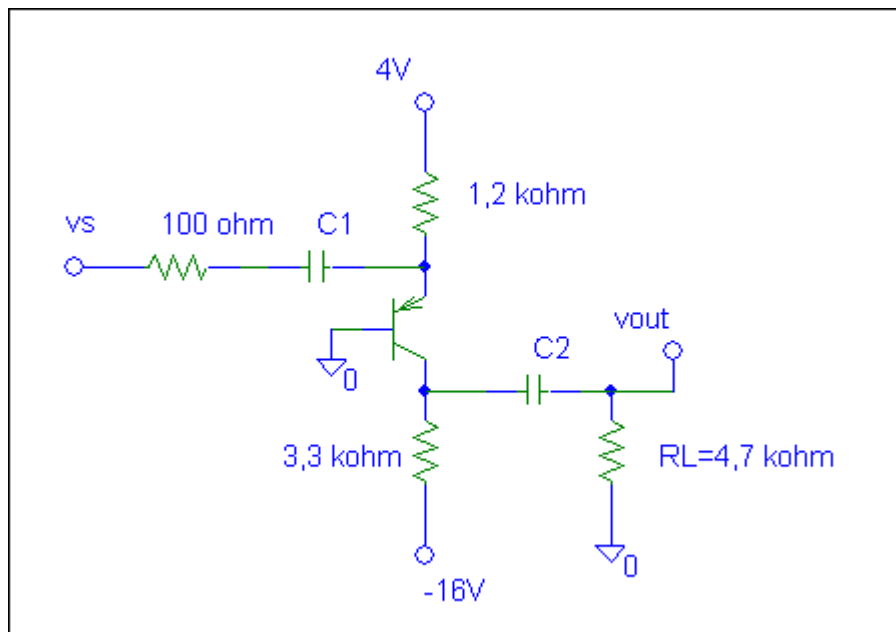
Base komuneko amplifikadorea

Noiz: 2009ko iraila - **Atalak:** Transistore bipolarra

1. irudiko zirkuitu amplifikatzailea analizatu nahi dugu, eta BJTaren $\beta = 80$ eta $V_{EB} = 0,7 V$ dakizkigu. Analisisian, osagaira sartzen diren korronteak positibotzat hartzea gomendatzen da.

Erantzun honako kontu hauei:

- Esan zein den BJTaren funtzionamendu-gunea eta kalkulatu lan-puntua.
- Kalkulatu eta marraztu karga zuzen estatikoa ($(-I_C, -V_{CB})$ planoan gomendatzen da).
- Marraztu seinale txikiko zirkuitua.
- Kalkulatu zirkuitu honetako tentsio-irabazia eta sarrerako inpedantzia.
- BJTaren tarte dinamikoak zeinek mugatzen du? Etendurak ala asetasunak? Arrazoitu erantzuna.
- Kalkulatu tarte dinamikoak optimizatzen duen R_L erresistentzia.



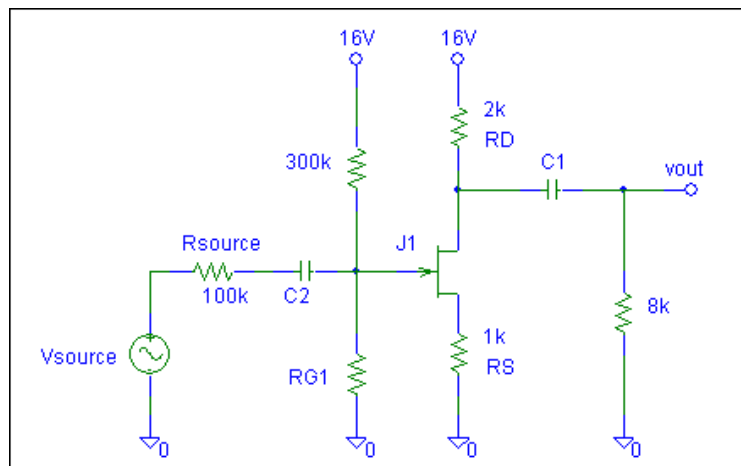
1. irudia

Iturri komuneko amplifikadorea

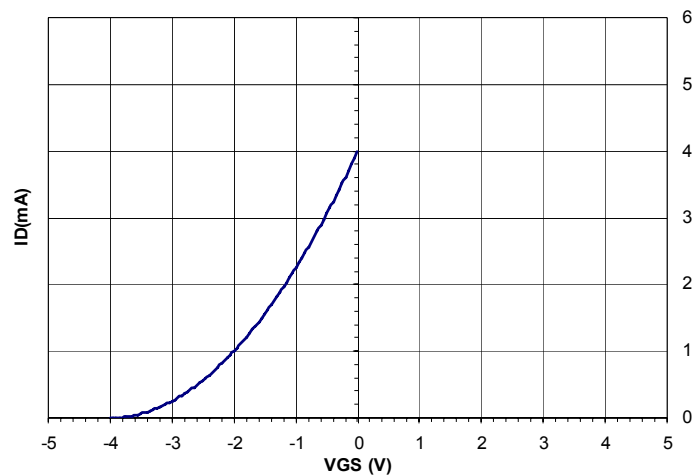
Noiz: 2009ko iraila - **Atalak:** Ereku-efektuko transistorea

1. Irudiko zirkuitu amplifikatzaileari buruzko kontu batzuk argitu nahi ditugu. Erabilitako FETaren asetasuneko ezaugarria 2. irudian agertzen da.

- Planteatu transistorearen polarizazio-puntua R_{G1} erresistentziaren arabera, eta ebatzi honako lau kasu hauek: $R_{G1} = 0$; $R_{G1} = 50 \text{ k}\Omega$; $R_{G1} = 100 \text{ k}\Omega$ eta $R_{G1} = 200 \text{ k}\Omega$.
- Irudikatu seinale txikiko zirkuitua eta kalkulatu, g_m -ren funtzioan, zirkuitu guztiaren tentsio-irabazia eta sarrerako eta irteerako inpedantziak.
- a eta b ataletako emaitzak ikusita, zein da irabazi maximoa dakarren R_{G1} erresistentzia? Tarte dinamikoaren ikuspuntutik, zer muga edo desabantaila izan ditzake R_{G1} hori erabiltzeak?



1. irudia



2. irudia

Transistoreen polarizazioa eta Ebers-Moll

Noiz: 2009ko ekaina (2p) - Atalak: Transistore bipolarra

Transistore bipolar baten honako ezaugarri hauek dakizkigu:

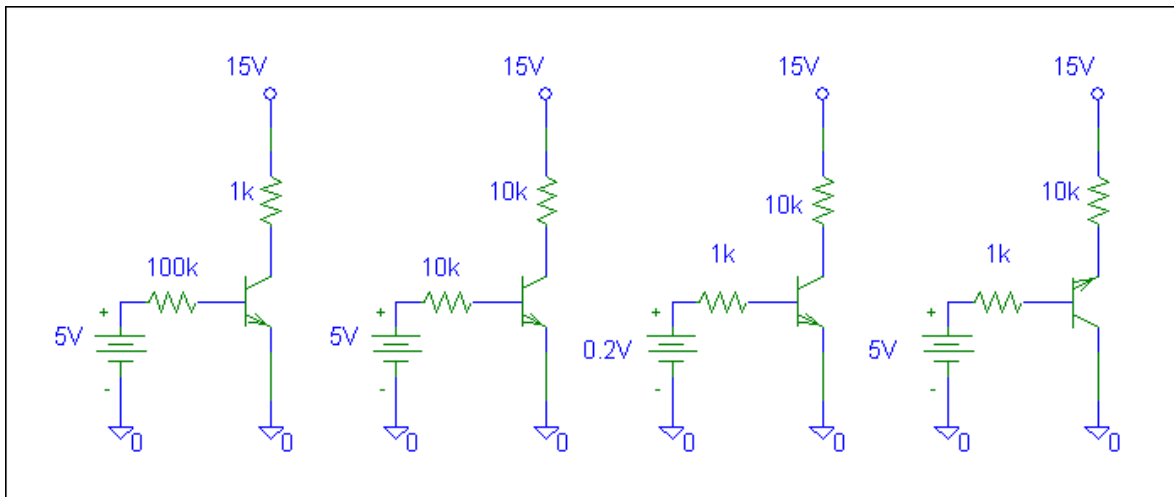
$$I_{CS} = 100 \text{ nA}$$

$$I_{ES} = 10 \text{ nA}$$

$$\alpha_R = 0,099$$

Transistore horrekin egin diren 1. irudiko zirkuituei buruzko galdera hauei erantzun:

- Zer funtzionamendu-eskualdetan polarizatu dugu transistorea kasu bakoitzean? Kalkulatu, **gutxi gorabehera**, zirkuitu bakoitzeko korronteak eta tentsioak, eta egindako hipotesiak egiaztatu. Horretarako, hartu $V_T = 25 \text{ mV}$, eta eroapeneko V_{BE} eta V_{BC} , gutxi gorabehera, $0,5 \text{ V}$.
- Ebatzi, **zehatz-mehatz**, 2 eta 3 zirkuituetako tentsioak eta korronteak.



1. irudia

Igorle komuneko anplifikadorea

Noiz: 2009ko ekaina (2p) - Atalak: Transistore bipolarra

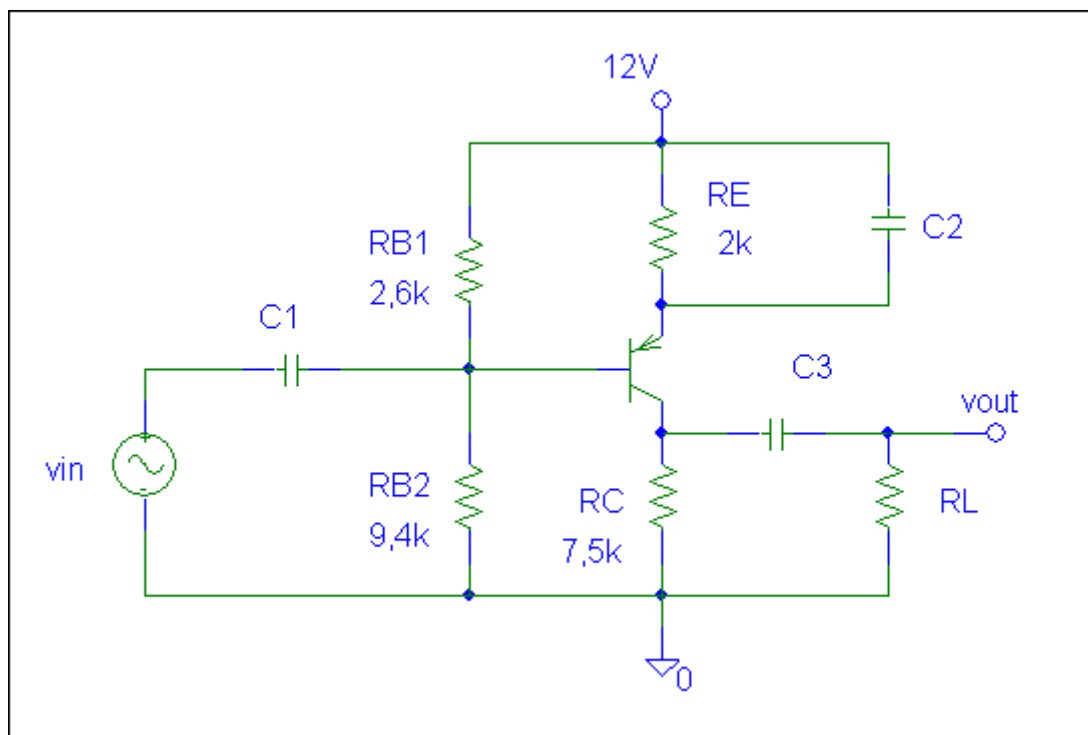
1. irudiko zirkuitu anplifikatzaileari buruzko kontu batzuk analizatu nahi ditugu.

Transistorearen datuak: $V_{EB} = 0,6 V$ $\beta = 250$

- Analizatu transistorearen lan-puntua. Egonkorra al da?
- Kalkulatu, R_L erresistentziaren arabera, sarrerako inpedantzia, irteerako inpedantzia eta tentsio-irabazia.
- Zenbat da irabazi maximoa dakarren R_L erresistentzia? Zenbat da, orduan, irabazia?
- Zenbat da tarte dinamiko maximoa dakarren R_L erresistentzia?
- Marraztu, aurreko ataleko R_L erresistentziarekin, irteerako seinalearen forma, sarrerako seinalearen honako bi balio hauetarako:

$$v_{in} = 5 \cdot \sin(2\pi 100 t) \text{ mV}$$

$$v_{in} = 30 \cdot \sin(2\pi 100 t) \text{ mV}$$



1. irudia

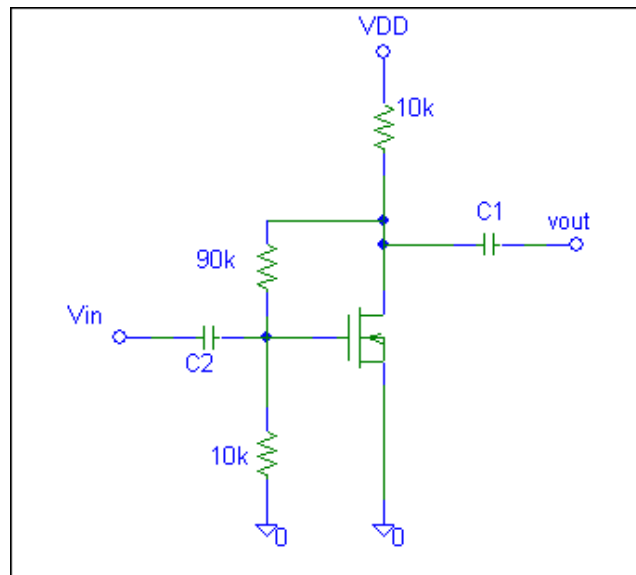
Iturri komuneko anplifikadorea

Noiz: 2009ko ekaina (2p) - **Atalak:** Eremu-efektuko transistorea

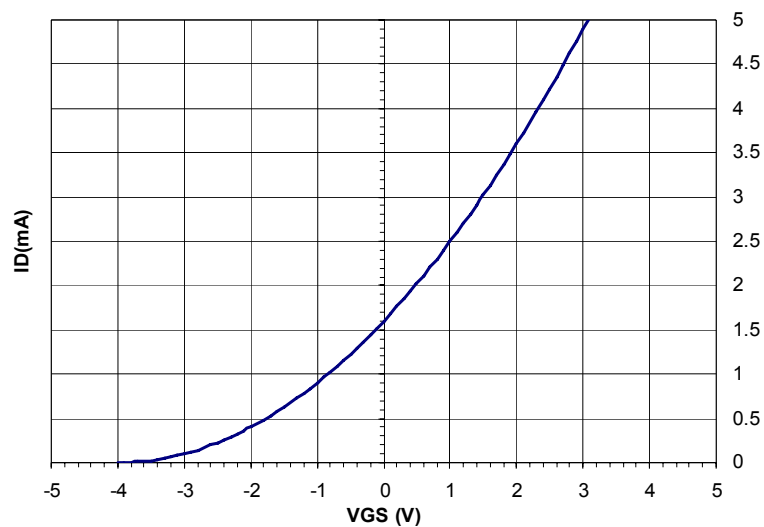
1. irudiko zirkuitu anplifikatzailean, tentsio-irabazia $-8,9$ V da. Badakigu, halaber, erabilitako FETaren ezaugarria 2. irudiko dela.

Erantzun honako galdera hauei:

- Kalkulatu zirkuituko sarrerako inpedantzia.
- Kalkulatu zirkuituko irteerako inpedantzia.
- Lortu beraren polarizazio-puntua eta elikatze-tentsioa, V_{DD} .
- Zirkuitu honek FETak asetasunean funtzionatzea bermatzen al du? Arrazoitu erantzuna.
- Zirkuitu honen bidez, JFETak polarizatu al daitezke? Arrazoitu erantzuna.



1. irudia



2. irudia

Argiztatutako diodoa

Noiz: 2009ko ekaina (1p) - **Atalak:** Erdieroalea, diodoa

Badugu pn junturako diodo bat, honako parametro hauekin:

$$\begin{array}{llll} N_D = 10^{14} \text{ cm}^{-3} & N_A = 10^{16} \text{ cm}^{-3} & \tau_p = 10^{-5} \text{ s} & A = 10^{-2} \text{ cm}^2 \\ n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3} & V_T = 25 \text{ mV} & q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} & L_p = 10 w_c \end{array}$$

non $w_c = 10 \mu\text{m}$ katodoaren luzera geometrikoa baita.

Diodo horretako katodoko eskualdean $G_L = 10^{18} \text{ e}^- - h^+ / \text{cm}^3 \cdot \text{s}$ irradiazio uniformeak aplikatzen dugu egoera geldikorrean eta zirkuitulaburrean, eta hutsune-soberakin hau lortzen dugu:

$$p_n(x) = -\frac{G_L}{2D_p} \left(x^2 - \frac{w_c^2}{4} \right)$$

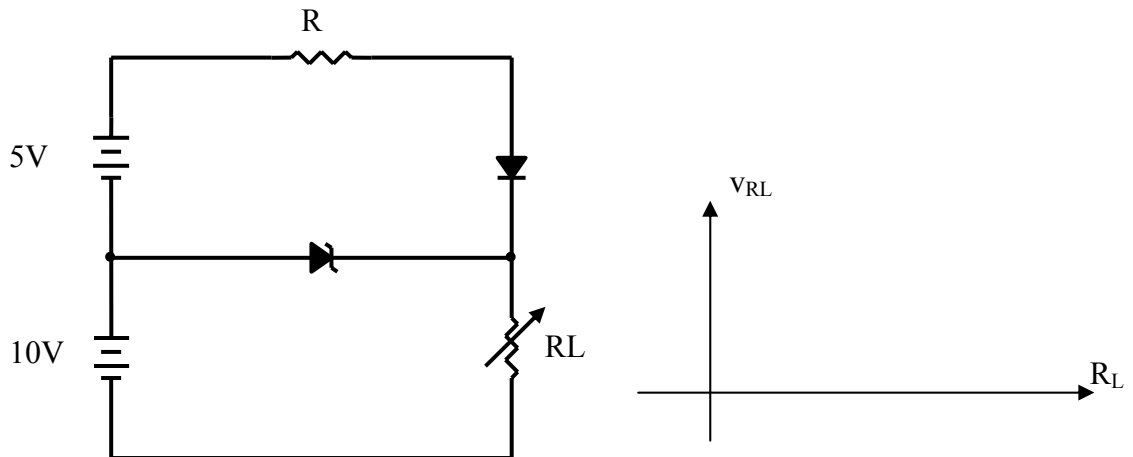
OHARRA: x ardatzaren jatorria katodoko eskualdearen erdian kokatu dugu.

- Injekzio baxuan al gaude? Arrazoitu erantzuna.
- Nolako da katodoko kontaktua? Arrazoitu erantzuna.
- Nolako da bolumeneko birkonbinazioa kontaktuetakoarekin alderaturik? Arrazoitu erantzuna.
- Kalkulatu sortutako fotokorrontea.
- Zenbat da asetahun-korrontea?
- Zer eragin edukiko luke minoritarioen soberakinaren profilean diodoa zuzenean polarizatzeak?
- Kalkulatu zenbat izan behar duen polarizazio zuzeneko tentsioak diodoa zeharkatzen duen korrontea nulua izateko.
- Marratu, aurreko kasurako, minoritarioen profila.

Zirkuitu diododunak

Noiz: 2009ko ekaina (1p) - Atalak: Diodoa

R_L kargako tentsioa 12 V-ean finkatu nahi dugu, beheko irudian agertzen den zirkuitua erabiliz. Diodoak idealak dira, eta Zener diodoaren haustura-tentsioa 2 V da.



1. irudia

a) Kalkulatu, R_L -ren funtzioan, v_{R_L} tentsioaren balioa, eta adierazi diodoen egoera.

Aurreko emaitza ikusita, eta R_L erresistentziak $1\text{ k}\Omega$ eta $20\text{ k}\Omega$ arteko balioak hartuko dituela jakinda.

b) Zenbat izan behar du R -k zirkuituak modu egokian funtzionatzeko? Zein da, zure ustez, baliorik egokiena?

c) Zenerrak hausturan jasan dezakeen gehieneko korronea $14,4\text{ mA}$ bada, zeintzuk dira R -ren muturreko balioak zenerra ez erretzeko eta tentsioa 12 V-ean mantentzeko?

Erdieroalezko lagina argipean

Noiz: 2009ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea

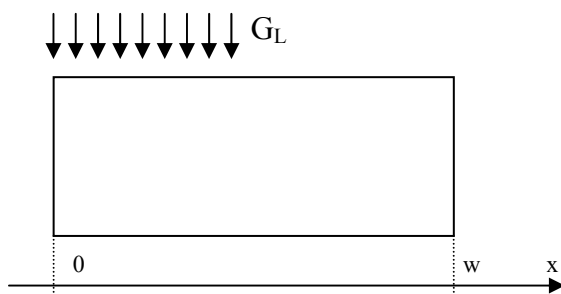
Badugu ezpurutasun hartzailaz dopatutako erdieroalezko lagin bat, $100 \mu\text{m}$ luze eta $\rho = 10 \Omega \cdot \text{cm}$ erresistibitatekoa. Haren ezkerreko gainazala ($x = 0$) guztiz pasibatuta dago, eta eskuinekoan kontaktu ohmiko bateko birkonbinazio-abiadura dugu.

Materialari eta eramaileei buruz dakizkigun beste parametro batzuk honako hauek dira:

$$\mu_n = 1200 \text{ cm}^2/\text{Vs} \quad \tau_n = 10 \text{ ms} \quad n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

$$D_p = 10 \text{ cm}^2/\text{s} \quad \tau_p = 10 \mu\text{s}$$

Laginarene ezkerreko erdia argizatzen dugu, eta horrek, erregimen geldikorrean, $G_L = 10^{17} \text{ e}^- \cdot \text{h}^+ / \text{cm}^3 \cdot \text{s}$ sortzen ditu.



1. irudia

Lagin horretarako:

- Kalkulatu lagineko dopaketa eta eramaileen orekako kontzentrazioa.
- Frogatu argiztaturiko lagineko profila honako hau dela:

$$n'_I(x) = \frac{G_L}{8D_n} \cdot (3w^2 - 4x^2) \quad (0 < x < 50 \mu\text{m})$$

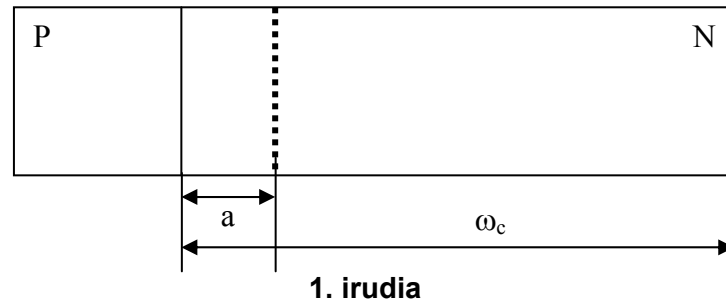
$$n'_{II}(x) = \frac{G_L w}{2D_n} \cdot (w - x) \quad (50 < x < 100 \mu\text{m})$$

- Kalkulatu eta marraztu lagineko fluxu-dentsitateak.
- Kalkulatu zenbat eramaile/cm²·s birkonbinatzen diren gainazaletan.
- Zenbat da, zehatz-mehatz, laginarene bolumenean gertatzen den birkonbinazioa?

Diodo berezi baten asetasun-korrontea

Noiz: 2009ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea

Diodo baten katodoan, junturako ertzetik “a” distantziara, defektuz betetako gainazal bat dago (ikus 1. irudia); hori dela eta, birkonbinazioa abiadura infinitu baten bidez modela daiteke (eskualdeko eramaile minoritarioen barreiapeneko luzerarekin alderaturik, “a” askoz laburragoa da).



$x = a$ gainazalean defekturik ez duen diodo baterako:

- Lortu katodoko eramaileen soberakinaren adierazpena, polarizazio zuzenean.
- Lortu asetasun-korrontearen adierazpena eta balioa.

$x = a$ gainazalean defektuak dituen diodorako:

- Lortu katodoko eramaileen soberakinaren adierazpena eta marraztu profila.
- Kalkulatu zenbat den “a” distantzia baldin eta diodoa zeharkatzen duen korrontea 5 bider handiagoa bada (esandako defektuak ez dituen diodoarekin alderatuta).
- Lortu bolumenean birkonbinatzen diren eramaileen kopuru osoaren adierazpena.
- Lortu defektuak dituen gainazalean desagertzen diren eramaileen kopuru osoaren adierazpena. Zenbat birkonbinatzen dira katodoko kontaktuan? Zenbat da birkonbinazio-korrontea?
- Marraztu erregimen dinamikoko diodoaren zirkuitu baliokide orokorra. Diodoak $V = -10$ V polarizazio-puntuaren inguruan lan egiten badu, nola geratzen da zirkuitu baliokidea?

DATUAK:

Anodoa: $N_A = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$

Katodoa: $N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$

$n_i = 1.5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$

$\tau_p = 15 \mu\text{s}$

$A = 2 \text{ cm}^2$

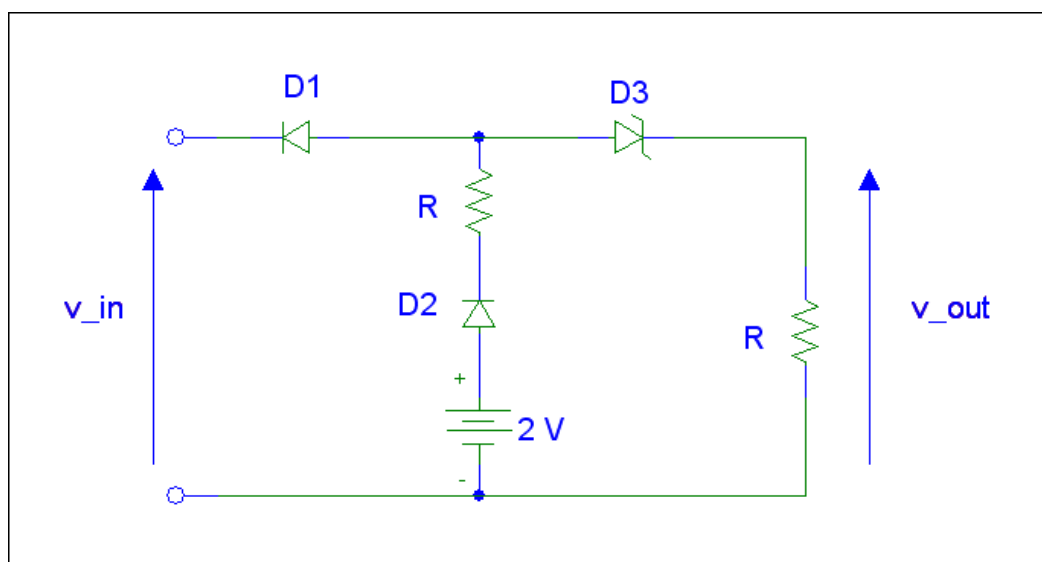
$L_p = 200 \mu\text{m}$ $\omega_c = 1000 \mu\text{m}$

$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-14} \text{ F/cm}$ $\epsilon_r = 11.8$

Zirkuitu diododunak

Noiz: 2009ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Diodoa

Ebatzi eta irudikatu 1. irudiko zirkuituaren transferentzia-kurba baldin eta diodo guztiak zuzenean idealtzat jotzen badira eta Zener diodoen haustura-tentsioa bost volt bada ($V_Z = 5V$).



1. irudia

Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak

Noiz: 2009ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea eta diodoa

TEST - A EREDUA

1. Oro har, material erdieroale intrintsekoen erresistibitatea(k):
 - a. Jaitsi egiten da tenperatura igotzen denean
 - b. Gora egiten du argiztatzan ditugunean
 - c. Estrintsekoena baino txikiagoa da

2. Oreka termodinamikoan:
 - a. Elektroi kopurua bat etortzen da ezpurutasun hartzaileen kopuruarekin
 - b. Elektroi eta hutsuneen kontzentrazioen biderkadura tenperaturaren araberako funtzio bat da
 - c. Argiak dakarren sorrerak eta birkonbinazio garbiak (U-k) elkar konpentsatzen dute

3. Eremu elektriko batek eragiten duen eramaileen atoliko mugimenduaren batez besteko abiadura(k):
 - a. Jaitsi egiten da tenperatura igotzen denean
 - b. Gora egin du dopaketarekin
 - c. Hutsuneen kasuan handiagoa izaten da

4. Injekzio baxuan, erdieroale estrintseko baten erresistibitatea:
 - a. Elektroi eta hutsuneen erresistibitateen batura da
 - b. Batez ere dopaketak eta maioritarioen mugikortasunak finkatzen dute
 - c. Batez ere elektroiaren kontzentrazioak finkatzen du, zeren eta haien mugikortasuna hutsuneena baino handiagoa baita

5. Kondentsadore bidezko iragazia duten zuzentzailetan, sarreran uhin sinusoidal bat aplikatuz gero, kondentsadorean agertzen den tentsioaren forma honelakoa da:
 - a. Sinusoidala kargan eta esponentziala deskargan
 - b. Esponentziala kargan eta sinusoidala deskargan
 - c. Hirukia, bai kargan bai deskargan

6. Alderantziz polarizatutako diodo ideal batean:
- Kanpoko tentsioa kontaktu ohmikoen eta eskualde neutroen artean banatzen da
 - Tentsioa potentzial termodinamikora gehitzen da, hustutako eskualdea zabalduz
 - Tentsioa potentzial termodinamikoetik kentzen da, hustutako eskualdea estutuz
7. Zuzenean polarizatutako diodo batean:
- Korrontea barreiapeneko korrontetzat jo daiteke
 - Korrontea birkonbinazio-korrontetzat jo daiteke
 - Aurreko bi erantzunak ondo daude

Badugu siliziozko lagin uniforme labur bat. Haren $x = 0$ gainazala ohmikoa da, baina $x = w$ gainazala pasibatuta dago. Lagina uniformeki argizatzen dugu, egoera geldikorrean eta injekzio baxuan, eta sorrera G (pare/cm³·s) da:

8. Hauetako zein **izan liteke** eramaileen soberakinaren profila?

a. $n'(x) = p'(x) = G \cdot \frac{2w-x}{2D_p} \cdot x$

b. $n'(x) = p'(x) = \frac{G}{2D_p} (w-x^2)$

c. $n'(x) = p'(x) = \frac{G}{2D_p} \left(\frac{w}{2} - x\right)$

9. Zein ekuazio **izan liteke** eramaileen fluxuarena?

a. $F_p(x) = -G(x^2 - w)$

b. $F_p(x) = G(x - w)$

c. $F_p(x) = G\left(x - \frac{w}{2}\right)$

10. Lagineko birkonbinazioari dagokionez:

- Batez ere bolumenean gertatuko da.
- Handiagoa da gainazal pasiboan, zeren eta laginaren berezko amaierako muturra baita
- Bolumeneko birkonbinazioa minoritarioen erdibizitzaren araberakoa da, eta pentsa daiteke kasu honetan baztergarritzat joko dela.

Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak

Noiz: 2009ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea eta diodoa

B EREDUA

1. N motako erdieroale estrintseko batean, giro-tenperaturan:
 - a. Elektroi askeak ezpurutasun emalleetatik baino ez datoz
 - b. Elektroi en eta hutsuneen kontzentrazioak ezin dira edonolakoak izan, erlazonatuta daude
 - c. Giro-tenperaturan hautsitako lotura kobalente batzuk ditugu eta, elektroi eta hutsune kopuruak kalkulatzeko, kontzentrazio intrintsekoa gehitu behar diegu bie.

2. Erdieroale intrintseko baten kasuan, tenperatura asko igotzen badugu:
 - a. Erresistibitateak gora egingo du
 - b. Elektroi eta hutsuneen arteko oreka gal daiteke
 - c. Eroale on baten portaera har dezake

3. Eramailen erdibizitza(k):
 - a. Birkonbinatzeko behar duten batez besteko denbora adierazten digu
 - b. Egoera iragankorretan bakarrik da garrantzitsua
 - c. Handiagoa izaten da elektroi en eta material oso dopatuen kasuan

4. Egoera-ekuazioei (ekuazio orokorrei) buruzko esaldi hauetako bat **faltsua** da. Zein?
 - a. Akoplaturiko ekuazio diferentzialak dira eta, beren zailtasuna dela eta, ebazterakoan betiere metodo numerikoak (programak) behar dira. Ondorioz, ezin dira kontzeptuak analizatzeko erabili.
 - b. Eramailen kontzentrazioen, korronteen eta potentzialen arteko erlazioak adierazten dituzte
 - c. Bost ekuazio dira: Poisson eta elektroi en eta hutsuneen jarraitutasuna eta garraioaren ekuazioak

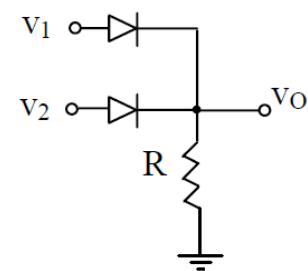
5. Oreka termodinamikoan eramaileen kontzentrazioak kalkulatzeko, oinarritzko ekuazioak honako hauek dira:
 - a. Shockleyren ekuazioa
 - b. Masa ekintzaren legea eta kargaren neutraltasuna
 - c. Jarraitutasuna, Poisson eta garraioaren ekuazioak

6. Katodo eta anodo laburrak dituen diodo bateko polarizazio zuzeneko korronea, katodo eta anodo luzeak dituen diodo batekin alderaturik
- Korronte totala handiagoa da
 - Alderantzizko asetasun-korronea txikiagoa da
 - Hustutako eskualdea estuagoa da, zeren eta eskualde neutroetako eramaile minoritarioak lehenago birkonbinatzen baitira.
7. Irudiko zirkuituko diodoak idealak direla onartuz, zein da sarrerako eta irteerako tentsioen arteko erlazioa deskribatzen duen taula?
- Lehenengo taula
 - Bigarren taula
 - Hirugarren taula

1 Taula		
v ₁	v ₂	v ₀
0V	0V	0V
0V	5V	5V
5V	0V	5V
5V	5V	5V

2 Taula		
v ₁	v ₂	v ₀
0V	0V	0V
0V	5V	0V
5V	0V	0V
5V	5V	5V

3 Taula		
v ₁	v ₂	v ₀
0V	0V	0V
0V	5V	5V
5V	0V	5V
5V	5V	0V



2w luze den n motako siliziozko lagin bat uniformeki argizatzen du, eta G (pare/cm³·s) sortu. Ardatzaren jatorria laginaren erdian kokatzen badugu, minoritarioen soberakinaren profila honako hau da:

$$p'(x) = G \cdot \tau_p \cdot \left[1 - \frac{\exp\left(\frac{x}{L_p}\right) + \exp\left(-\frac{x}{L_p}\right)}{\exp\left(\frac{w}{L_p}\right) + \exp\left(-\frac{w}{L_p}\right)} \right]$$

8. Profila ikusita, gainazaleko birkonbinazio-abiadurak honelakoak dira:
- Oso altua x = w gainazalean eta oso baxua x = -w planoan
 - Oso altua x = -w gainazalean eta oso baxua x = w planoan
 - Oso altuak bi gainazaletan

9. Barreiapeneko fluxu-dentsitatea honako hau da:

a. $F_p(x) = -G \cdot (w - x)$

b.
$$F_p(x) = \frac{D_p}{L_p} G \cdot \tau_p \cdot \frac{\exp\left(\frac{x}{L_p}\right) - \exp\left(-\frac{x}{L_p}\right)}{\exp\left(\frac{w}{L_p}\right) + \exp\left(-\frac{w}{L_p}\right)}$$

c. $F_p(x) = -G \cdot x + A$, non A mugaldeko baldintzetatik ebatziko den konstantea baita

10. Nolakoa da lagineko bolumeneko birkonbinazioa gainazalekoarekin alderatuta?:

a. Askoz handiagoa

b. Askoz txikiagoa

c. Ezin dugu esan, zeren eta w/L_p erlazioa ezezaguna baita

2007/2008

ikasturtea

Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak

Noiz: 2008ko iraila - **Atalak:** Erdieroalea, diodoa, transistoreak

1. Ezpurutasun emalez dopaturiko erdieroale batean eremu elektriko bat aplikatzen dugunean:
 - a) Atoiko korrante elektrikoak, batez ere, elektroiek garraiatzen dute.
 - b) Atoiko korrante elektrikoak berdin-berdin garraiatzen dute elektroiek eta hutsuneek.
 - c) Korrante elektrikoaren garraioan, elektroien karga negatiboak eta ionizaturiko ezpurutasun emaileen karga elektriko positiboak hartzen dute parte.

2. Masa-ekintzaren legea:
 - a) Edozein erdieroalek edozein tenperaturatan bete behar du, baldin eta oreka termodinamikoan badago.
 - b) Giro-tenperaturaren baimo ez da betetzen, kargaren ueutraltasunaren ekuazioarekin konbinatuz.
 - c) Erdieroale estrintsekoetan bakarrik da aplikagarria.

3. Oreka termodinamikoan, gailu erdieroale batean:
 - a) Korrante totala nulua da, zeren eta elektroien korranteak eta hutsuneen korranteak elkar konpentsatzen baitute.
 - b) Korrante totala nulua da, elektroien eta hutsuneen korranteen batura nulua baita.
 - c) Korrante totala, elektroien korrantea eta hutsuneen korrantea nuluak dira, oreka termodinamikoko egoeraren berezko definizioaz.

4. Potentzial termodinamikoa:
 - a) Oreka termodinamikoan, eramaile-kontzentrazio ezberdinak dituzten bi eskualde batera jartzen ditugunean agertzen da.
 - b) pn junturen kasuan baimo ez da agertzen.
 - c) Diodo zuzentzaileen kasuan bakarrik da garrantzitsua.

5. Pn junturako diodo baten karga espazialeko eskualdea (hustutako eskualdea):
 - a) Dimentsio konstanteak ditu.
 - b) Aplikatutako tentsioarekin baino ez da aldatzen.
 - c) Materialaren, dopaketan eta tenperaturaren funtzioa izateaz gainera, aplikatutako tentsioarekin aldatzen da.

6. Pn junturako diodo bateko asetasun-korrontea:
 - a) Diodotik pasa daitekeen gehieneko korrontea adierazten digu.
 - b) Bada diodoaren berezko parametroa, eta anodoaren eta katodoaren ezaugarri fisiko eta geometrikoen arabera da.
 - c) Polarizazio inbertsoan bakarrik da garrantzitsua.

7. Shockleyren ekuazioa(k):
 - a) Pn junturako diodoaren funtzionamenduaren adierazlea da, bai estatikoan, bai dinamikoan.
 - b) Kontaktuak ohmikoak direnean bakarrik balio digu.
 - c) Nahiz eta hurbilketa batzuk erabiliz garatu genuen, bada estatikoan (eta korronte ertainekin) diodoaren funtzionamendurako hurbilketa on bat.

8. Kargaren bidezko kontrol-eredua(k):
 - a) Gailu erdieroale bat zeharkatzen duten korronteak adierazteko bide bat da, eta gailuan metatzen den kargaren eta korrontearen arteko erlazioak agerian uzten ditu.
 - b) Erregimen dinamikoan bakarrik balio digu.
 - c) Gailuen konmutazioak analizatzeko bakarrik hartuko dugu kontuan.

9. Erregimen dinamikoan lan egiten duen diodo batean:
 - a) Korronte-osagai *berriak* agertzen dira, eta gailua zeharkatzen duen korronte garbian parte hartzen dute.
 - b) Efektu kapazitiboen ondorioz, korronteak negatiboak ere izan daitezke.
 - c) Aurreko bi erantzunak zuzenak dira.

10. Pn junturako diodo batean, seinale txikiko eredua:
- Maiztasun baxuetan bakarrik da aplikagarria.
 - Alderantzizko polarizaziopean bakarrik da aplikagarria.
 - Oso erabilgarria da diodoaren portaera analizatzeko, baldin eta gailua, polarizatuta egoteaz gainera, denborarekin aldatzen diren seinale oso txikiak (polarizazioarekin alderatuta) jasaten baditu.

11. NPN transistoreek P eskualde bat (basea) eta bi N (igorlea eta kolektorea) dituztenez, igorle eta kolektore terminalak trukatzuz gero, gailu baliokide bat lortuko genuke? Arrazoitu erantzuna.

12. Pertsona batek, PNP transistorearen egitura ikusita, hauxe ondorioztatzen du: katodak lotuak dituzten PN diodo biren baliokidea da (ikus irudia). Zirkuitua muntatzen du, eta ikusten du portaera guztiz ezberdina dela. Zergatik?

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline P & N & P \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|} \hline P & N \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|c|} \hline N & P \\ \hline \end{array}$$

13. Ebers-Mollen ekuazioek transistorearen funtzionamendua karakterizatzen dute ...

- Bai erregimen geldikorrean, bai erregimen dinamikoan.
- Lau funtzionamendu-eskualdeetan, estatikoan.
- Bakarrik aktiboan, estatikoan.

14. Igorleko efizientzia edo injekzio-eraginkortasuna:

- Beti bat baino txikiagoa da (<1).
- Bat izatera gehiago hurbilduko da baldin eta igorleko juntura asimetrikoagoa bada ($N_E \gg N_B$ betetzen da)
- Aurreko bi adierazpenak zuzenak dira.

15. BJT baten seinale txikiko pi zirkuituaren eta H matrizetik garatzen den koadripoloari dagokion zirkuituaren arteko erlazioa:

- Nulua da, zeren eta ikuspuntua guztiz ezberdina baita eta H matrizea zirkuituen teoriaren kontua baita (eta ez elektronikarena).
- Ukaezina da, bi adierazpenek gailu bera ezagutarazten baitute.
- Pi zirkuitua BJTaren polarizazioaren eta egituraren mendekoa bada ere, H matrizea maiztasunaren arabera baina ez da.

16. BJT bat erabiliz eraiki den zirkuitu amplifikatzaile baten tarte dinamiko maximoa lortu nahi badugu:
- Q puntua karga zuzen estatikoan zentratuz polarizatu behar dugu transistorea.
 - Q puntua karga zuzen dinamikoan zentratuz polarizatu behar dugu transistorea.
 - Sarrerako seinale mota eta sarrerako eta irteerako inpedantziak hartu behar ditugu kontuan.
17. Eremu-efektuko transistoreak:
- Tentsio baten bidez kontrolatutako gailuak dira.
 - Korronte baten bidez kontrolatuta egon daitezke; adibidez, JFETen kasuan (haietan pn juntura bat dagoelako).
 - Tentsio baten edo korronte baten bidez kontrolatuta badaude ere, bi eramaile motak hartu behar ditugu kontuan.
18. Hustuketazko MOSFETek:
- Ate-oinarri tentsiorik aplikatzen ez denean ere, eroan egiten dute.
 - Eroan dezaten, oinarriaren araberrako polaritatea duen ateko tentsioa aplikatu behar da.
 - JFETen funtzionamendu baliokidea dute.
19. Metaketazko nMOS batean, pasabidea itotzeko aplikatu beharreko draineiko tentsioa(k):
- Atean aplikatutako tentsioarekin gora egiten du.
 - Atean aplikatutako tentsioa igoz gero, jaitsi egiten da.
 - Atean aplikatutako tentsioarekiko independentea da, zeren eta gailuaren ezaugarri bat baita.
20. FETen iturri komuneko zirkuituetako sarrerako inpedantzia, BJTen igorle komuneko zirkuituekin alderatuta, nolakoa izaten da?
- Handiagoa.
 - Txikiagoa.
 - Berdintsua.

Zener diodoak

Noiz: 2008ko iraila - **Atalak:** Diodoa

Siliziozko Zener diodo batek honako ezaugarri hauek ditu:

$N_A = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$	$N_D = 4 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$	$A = 0.01 \text{ cm}^2$	
$w_a = 20 \text{ } \mu\text{m}$	$w_c = 100 \text{ } \mu\text{m}$	kontaktu ohmikoak	
	$\tau_p \text{ (katodo)} = 10 \text{ ms}$	$D_p \text{ (katodo)} = 10 \text{ cm}^2/\text{s}$	
$n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$	$\epsilon_{r \text{ Si}} = 11.68$	$\epsilon_0 = 8.85 \text{ pF/m}$	$V_T = 25 \text{ mV}$

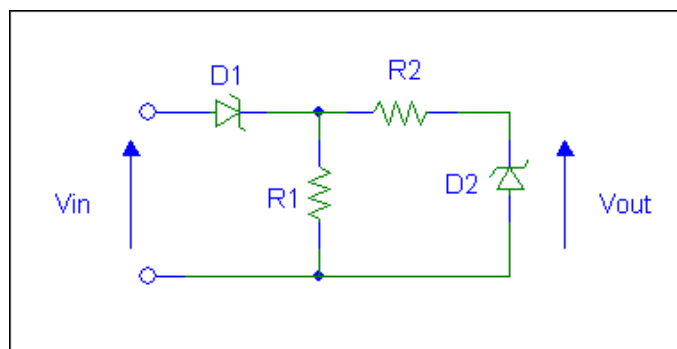
- Kalkulatu diodoaren asetasun-korrontea eta marraztu, gutxi gorabehera, haren zuzeneko korronte-tentsio ezaugarria. 1 mA-ko korronteen inguruan, zenbat da diodoaren ukondoko tentsioa?
- Irudikatu, koalitatiboki, karga-dentsitatearen, eremu elektrikoaren eta potentzial elektrostatisikoaren grafikoak bi kasu hauetan: oreka termodinamikoan eta alderantzizko tentsio bat aplikatuta. Kalkulatu eta adierazi balio esanguratsuenak.

Dakigunez, siliziozko Zener diodo baten hausturako eremu elektrikoa (giro-tenperaturan) formula honen bidez kalkula daiteke:

$$|\epsilon_{breakdown}| = \frac{4 \cdot 10^5}{1 - \frac{1}{3} \log\left(\frac{N}{10^{16}}\right)} \text{ V/cm} \text{ non } N \text{ dopaketarik txikiena baita.}$$

- Kalkulatu gure diodoaren hausturako eremua eta berari dagokion tentsioa.

Aurreko diodoa erabiliz, zirkuitu hau eratu da:



1. irudia

- Kalkulatu ($V_Z = 5 \text{ V}$ eta $V_\gamma = 0,7 \text{ V}$ erabiliz) zirkuituaren transferentziaren funtzioa eta marraztu irteeran lortuko genukeen seinalea sarrerakoa $20 \cdot \sin(100t)$ volt bada ($R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$).

Igorle komuneko amplifikadorea

Noiz: 2008ko iraila - **Atalak:** Transistore bipolarra

Irudian agertzen den zirkuitu amplifikatzaileko transistoreak parametro hauek ditu:

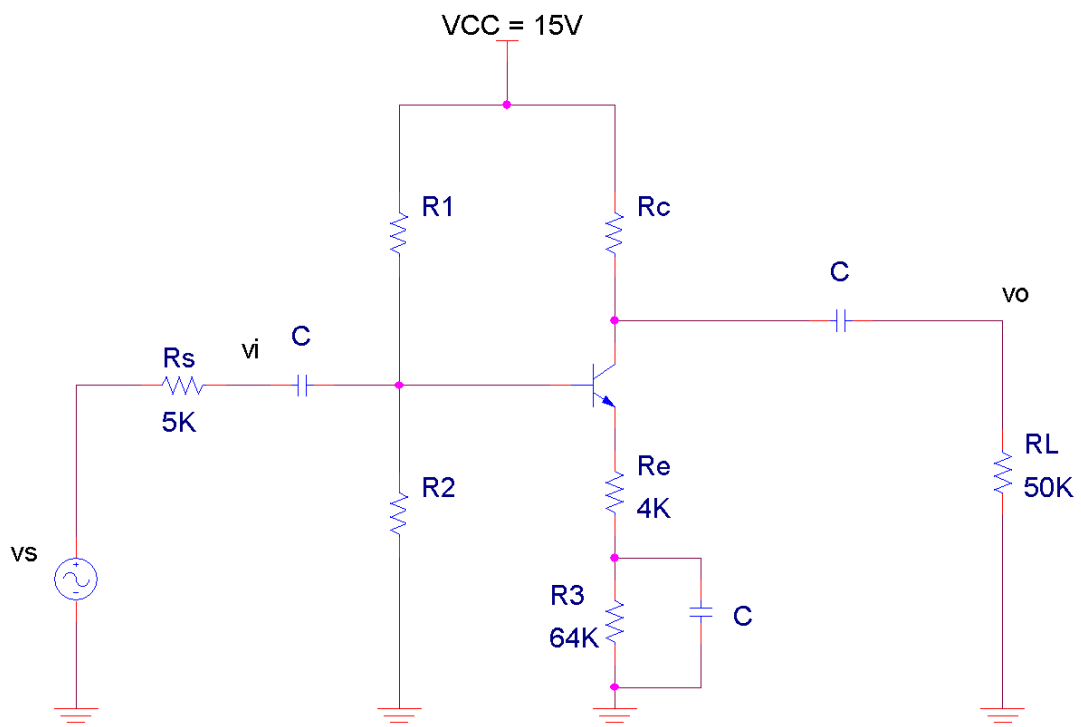
$$\beta = 44.2 \quad |V_{BE}| = 0.5 \text{ V}$$

Zirkuituan neurketa batzuk hartu ditugu, eta datu hauek jakin ditugu:

- Irteerako inpedantzia = $39 \text{ k}\Omega$
- Sarrerako inpedantzia = $25 \text{ k}\Omega$
- Polarizazioko kolektore-igorle tentsioa = 2 V

Erantzun honako galdera hauei:

- Kalkulatu zirkuituko osagai ezezagunak.
- Kalkulatu amplifikadorearen tentsio-irabaziak, $A_v = v_o/v_i$ eta $A_{v_s} = v_o/v_s$ (a) atala ez bada egin, hartu $R_1 = 43 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 62 \text{ k}\Omega$ eta $R_C = 39 \text{ k}\Omega$).
- Zeinek mugatzen du zirkuituaren tarte dinamikoa, etendurak ala asetatsunak? Arrazoitu erantzuna.



2. irudia

Iturri komuneko amplifikadorea

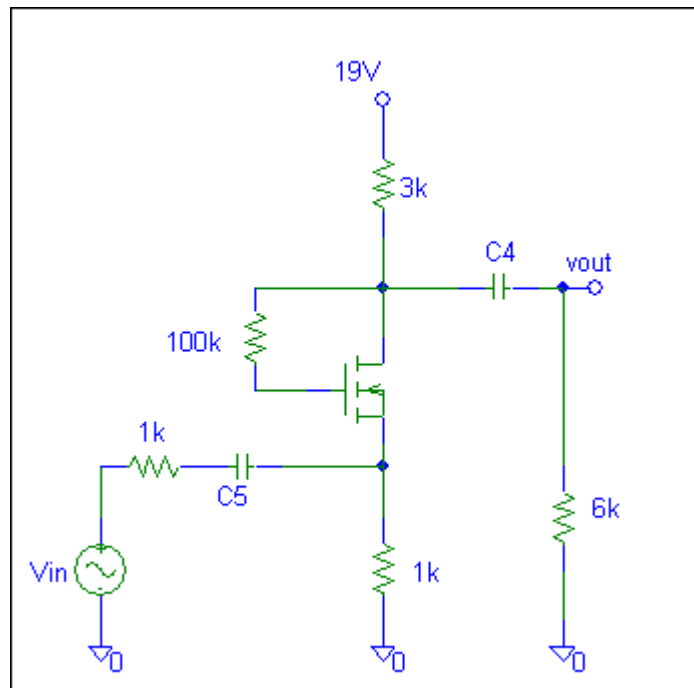
Noiz: 2008ko iraila - **Atalak:** Eremu-efektuko transistorea

Zirkuituko FET transistoreak parametro hauek ditu:

$$|V_T| = 1 \text{ V}$$

$$|I_{DSS}| = 1 \text{ mA}$$

- Zer FET mota dugu?
- Kalkulatu haren polarizazio-puntua.
- Kalkulatu irudiko muntaiaren tentsio-irabazia eta sarrerako eta irteerako inpedantziak.
- Zein da $100 \text{ k}\Omega$ -eko erresistentziaren funtzioa?



3. irudia

Transistore bipolarren polarizazioa eta Ebers-Moll eredu

Noiz: 2008ko ekaina (2p) - **Atalak:** Transistore bipolarra

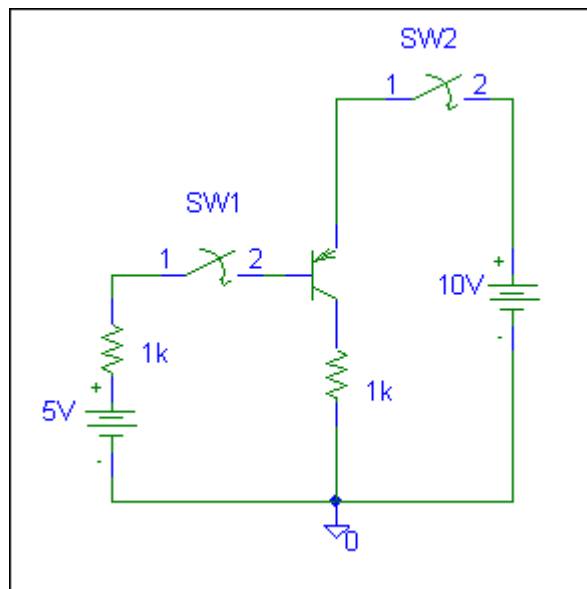
1. irudiko zirkuituan neurketa batzuk hartu ditugu BJT transistorea karakterizatzeko eta haren funtzionamenduan estatikoan zehatz-mehatz aurreikusi ahal izateko.

Lehenengo esperimentuan, lehenengo etengailua itxita eta bigarrena irekita mantenduz (SW1 ON, SW2 OFF), $I_C = -99 \text{ nA}$ kolektoreko korrontea neurtu dugu.

Bigarren esperimentuan, lehenengo etengailua irekita eta bigarrena itxita, (SW1 OFF, SW2 ON), kolektoreko korrontea eta igorle-base tentsioa neurtu ditugu: $I_C = -19.8 \text{ }\mu\text{A}$ eta $V_{EB} = 403 \text{ mV}$.

Neurketa horietan oinarrituz:

- Kalkulatu transistorearen oinarritzko parametroak.
- Ebatzi bi etengailuak itxita dauden kasua (SW1 ON, SW2 ON), lehendabizi gutxi gorabehera eta, ondoren, zehatz-mehatz.
(a) atala ezin izan bada egin, bigarren atala egiteko, hartu $I_{ES} = 1 \text{ nA}$, $I_{CS} = 100 \text{ nA}$ eta $\beta_F = 200$).

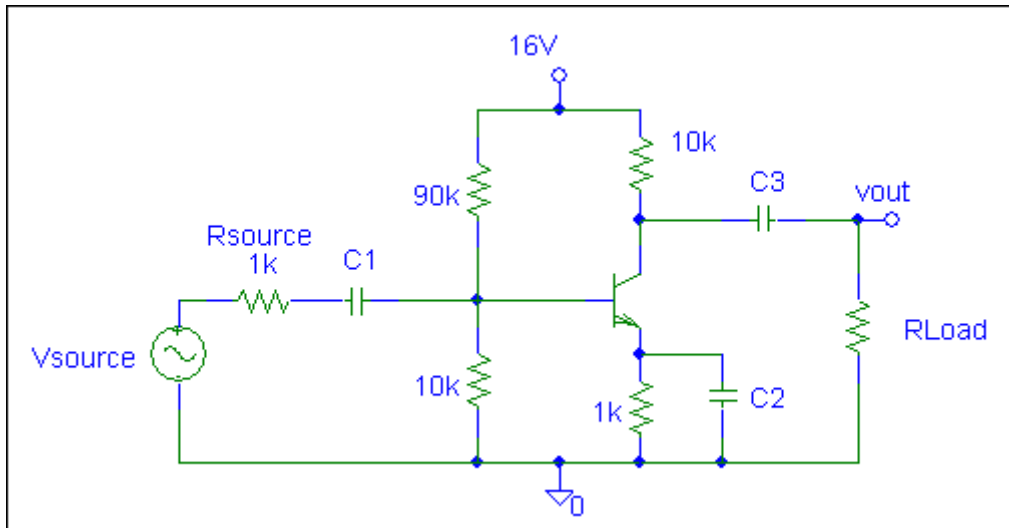


1. irudia

Igorle komuneko amplifikadorea

Noiz: 2008ko ekaina (2p) - Atalak: Transistore bipolarra

1. irudiko zirkuitu amplifikatzailean erabiltzen den BJTaren eroapeneko igorle-base jundurako tentsioa $V_{BE} = 0,55 \text{ V}$ da. Gainera, $\beta = 200$ datua dakigu.



1. irudia

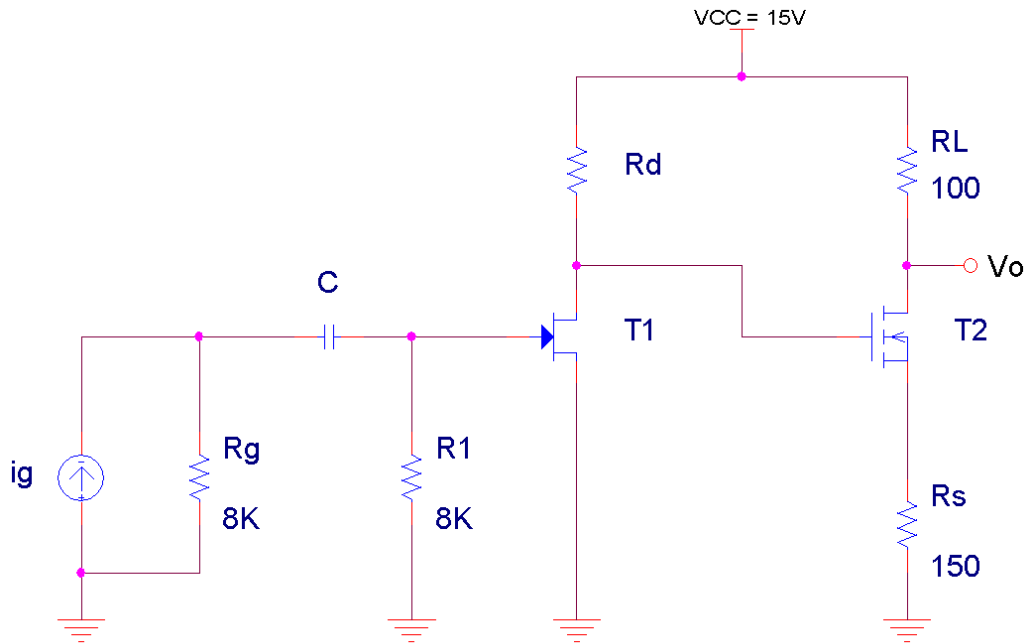
Egin beharrekoak:

- Kalkulatu transistorearen polarizazio-puntua.
- Zirkuitu hau, polarizazioaren ikuspuntutik, egonkorra al da? Arrazoitu erantzuna.
- Kalkulatu, R_{Load} erresistentziaren arabera, 2. irudiko eskemaren tentsio-irabazia eta sarrerako eta irteerako inpedantziak.
- Kalkulatu zenbat den tarte dinamiko maximoa dakarren R_{Load} eta marraztu, R_{Load} horretarako, $v_{source} = 100 \text{ mV} \cdot \sin(2\pi \cdot 100 \cdot t)$ denean daukagun irteerako uhin-forma.

Bi amplifikadore jarraian (FET transistoreekin)

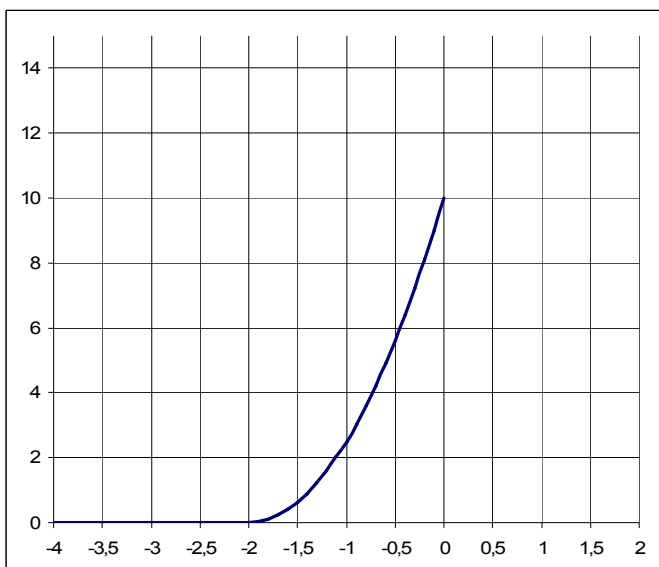
Noiz: 2008ko ekaina (2p) - Atalak: Eremu-efektuko transistoreak

Beheko zirkuitua korrante-amplifikadore gisa lan egiteko diseinatu da. Bertan erabili diren bi transistoreen ezaugarriak 2.irudian agertzen dira.

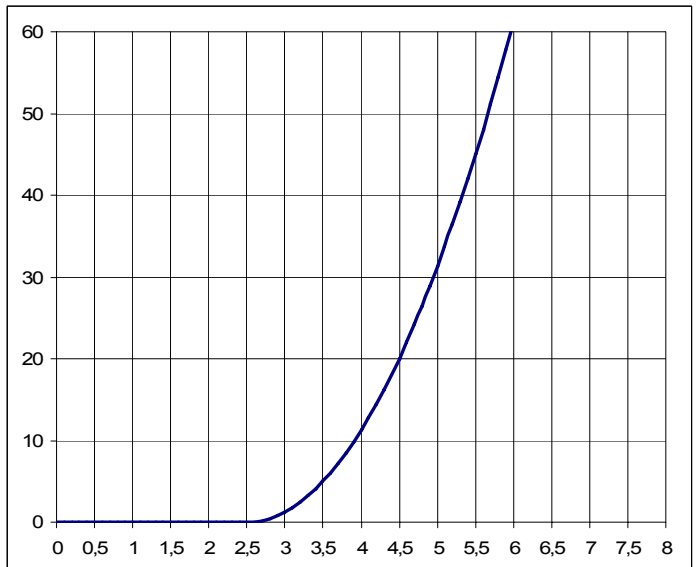


1. irudia

- Kalkulatu R_d -ren balioa, $V_{DS1} = V_{CC}/2$ bada.
- Kalkulatu bi transistoreen lan-puntua.
- Zenbat da zirkuituaren korrante-irabazia $A_1 = i_o/i_g$?



(a) $I_D(V_{GS})$



(b) $I_D(V_{GS})$

2. irudia. T1 (a) eta T2 (b) transistoreen asetasuneko ezaugarri-kurbak.

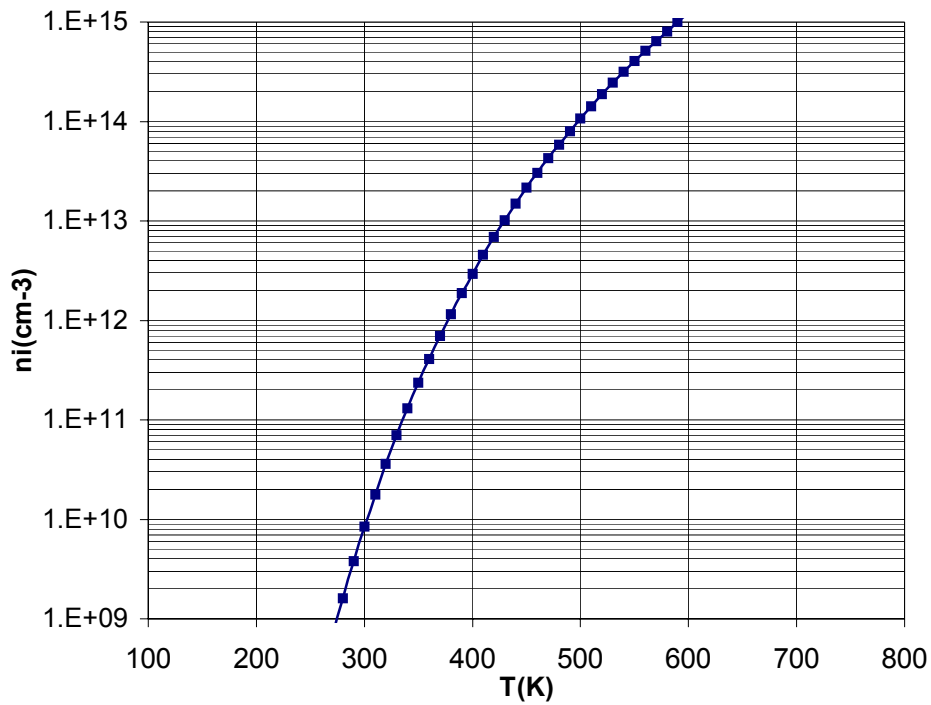
Erdieroaleen erresistibitatea eta temperatura

Noiz: 2008ko ekaina (1p) - Atalak: Erdieroalea

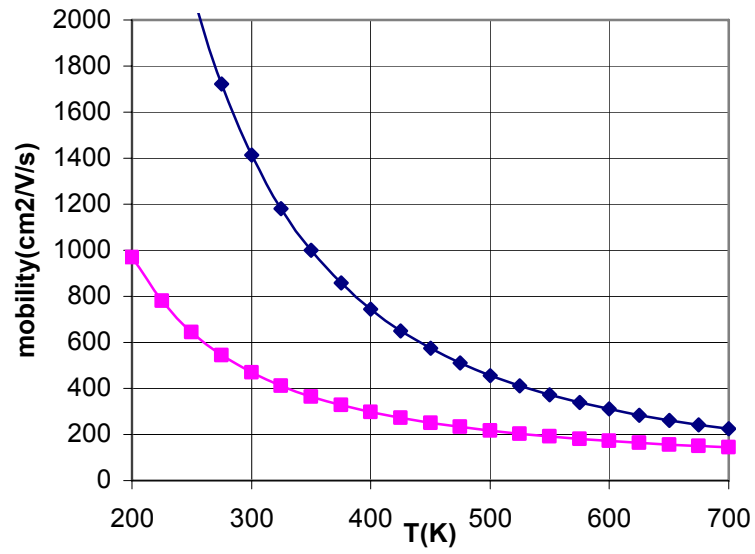
300 μm luze den siliziozko lagin bat dugu. Materiala ezpurutasun emalez dopatu da, eta erresistibitatea, oreka termodinamikoa eta 27 $^{\circ}\text{C}$ -an, 220 $\Omega\cdot\text{cm}$ da.

- Kalkulatu laginaren dopaketa eta haren erresistentzia, baldin eta sekzioaren azalera 0,01 cm^2 bada.
- Zenbat izango litzateke haren erresistentzia 227 $^{\circ}\text{C}$ -an?

DATUAK: V_T (25 $^{\circ}\text{C}$) = 25,69 mV, $n_i(T)$, $\mu_n(T)$, $\mu_p(T)$



1. irudia. $n_i(T)$ silizioan



2. irudia. Elektroien eta hutsuneen mugikortasunaren temperaturarekiko mendekotasuna (silizioan, dopaketa txikiatarako)

Diodoak eta fotosorrera

Noiz: 2008ko ekaina (1p) - **Atalak:** Erdieroalea eta diodoa

Diodo batean fotosorrerak eragindako korrontearen eta diodo horren neurrien arteko erlazioa analizatu nahi dugu. Horretarako, katodo-luzera ezberdinetako zenbait diodo ditugu, eta, katodo horiek uniformeki argizatuz, $G_L = 10^{18} \text{ e}^- \text{-h}^+ \text{ pare/cm}^3 \text{s}$ sortzen ditugu. Erantzun galdera hauei:

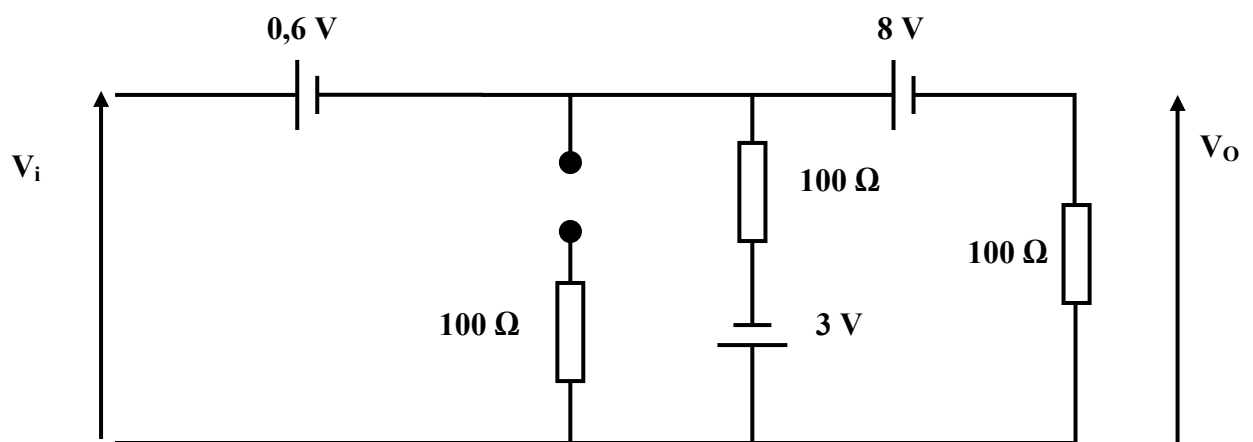
- a) Ebatzi, zirkuitulaburrean, katodo-luzera guztietarako baliagarria izan behar duen soberakinaren profilaren adierazpena. Ebazpena (eta adierazpena) errazteko asmoz, ardatzaren jatorria katodoaren erdian jartzea gomendatzen dugu. Marraztu, gutxi gorabehera, profil hori.
- b) Kalkulatu sorrerak eragindako fotokorrontea.
- c) Bereizi aurreko emaitza katodo luzearen eta laburraren kasuetarako, lagungarri izan daitezkeen sinplifikazioak kontuan hartuz. Emaitzak ikusita, zer ondorio ateratzen duzu?

Zirkuitu diododunak

Noiz: 2008ko ekaina (1p) - Atalak: Diodoa

Hiru diodo (bi zuzentzaile eta Zener bat) dituen zirkuitu baten ebazpenean, 1. irudiko kasua analizatzen ari gara.

- Analizatzen ari garen kasuan Zenerra hausturan dagoela jakinda, esan zeintzuk diren (non dauden) diodoak eta zein den haien egoera, eta adierazi haien parametro karakteristikoak.
- Marratzu zirkuitu osoa, eta lortu haren transferentzia-kurba.

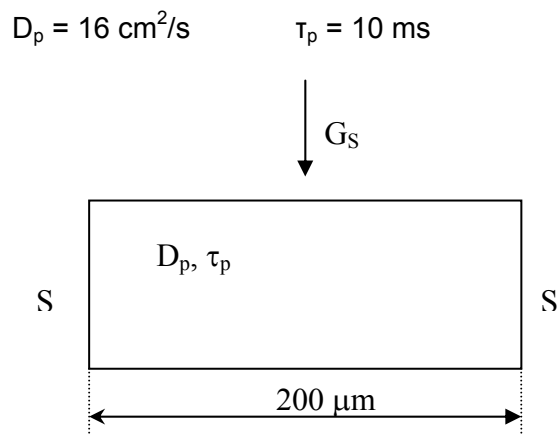


1. irudia

Argiztaturiko erdieroalezko lagina

Noiz: 2008ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea

200 μm luze den n motako erdieroale lagin batek berdin-berdinak diren bi kontaktu ditu: biak karakterizatzen dira S cm/s gainazaleko birkonbinazio-abiaduraren bitartez. Argi izpi oso estu batek lagin horren erdi-erdian jotzen du, eta horrek, erregimen geldikorrean eta injekzio baxuan, G_s $e^-h^+/\text{cm}^2\cdot\text{s}$ sortzen ditu. Gainera, badakizkigu eramaile minoritarioei buruzko honako datu hauek:



1. irudia

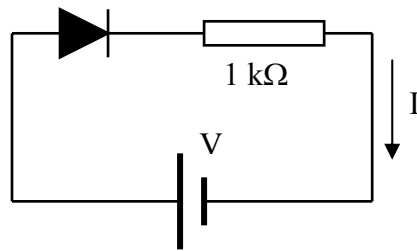
Honako galdera hauei erantzun:

- Kalkulatu eta marraztu, S-ren funtzioan, eramaile minoritarioen profila.
- Kalkulatu zenbat eramaile/ $\text{cm}^2\cdot\text{s}$ birkonbinatzen diren kontaktuetan.
- Zenbat da, zehatz-mehatz, bolumenean gertatzen den birkonbinazioa?
- Kalkula ezazu nola geratzen diren aurreko emaitzak kontaktu ohmikoen kasurako.
- Kontaktuak pasibatuta baleude, a, b eta c ataleetako erantzunak zehaztea posiblea izango al litzateke? Kasu horretan, nolakoa izango litzateke eramaileen profilaren forma? Non gertatuko litzateke, batez ere, birkonbinazioa? Zenbat izango litzateke birkonbinazio hori?

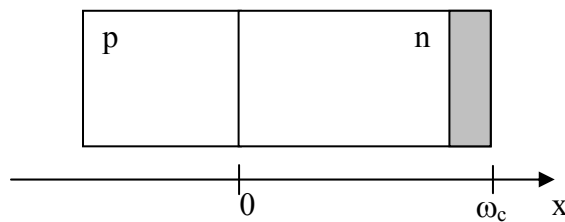
Diodo berezi baten asetasun-korrontea eta erabilera

Noiz: 2008ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea eta diodoa

1. irudian agertzen den zirkuituko diodoa fabrikatzean hutsegite bat gertatu da, eta badago —katodoaren kontaktuaren inguruan— birkonbinazio-zona bat (2. irudian ilunago irudikatu den eskualdea). Zona hori oso estua da, eta 1000 cm/s gainazaleko birkonbinazio-abiaduraren bitartez modela daiteke.



1. irudia



2. irudia

Egoera horietan, erantzun honako galdera hauei:

- Kalkulatu eta marraztu katodoko eramaile minoritarioen profila baldin eta diodoa V_D tentsioarekin polarizatzen bada.
- Ebatzi eta marraztu katodoko minoritarioen barreiapeneko korrontea eta kalkulatu, V_D tentsioaren funtzioan, diodoa zeharkatzen duen korronte osoa.
- Zenbat da diodo honen asetasun-korrontea?
- Kalkulatu zer tentsio aplikatzen ari garen zirkuituan, baldin eta esperimentalki ikusi bada zirkuitutik 20,5 mA-ko korrontea pasatzen dela (c atala ebatzi ez bada, atal honetan $I_{\text{sat}} = 10 \text{ pA}$ hartu).

Erregimen dinamikoan diodo honek izango lukeen portaerari dagokionez:

- e) Zenbat da junturako kapazitatea 2 volteko alderantzizko polarizazio bat aplikatzen denean? Nolakoa da, aurrekoarekin alderatuta, eskualde neutroetako kapazitatea (difusioko kapazitatea)?
- f) Zein izango litzateke diodoaren zirkuitu baliokidea, esandako polarizazioarekin, 50 kHz-eko maiztasunean? Eta maiztasuna hertz bat izango balitz?

DATUAK:

$$N_A = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$$

$$N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$$

$$\tau_p = 30 \text{ } \mu\text{s} \quad \mu_p = 500 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$$

$$n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

$$\omega_c = 0,5 \text{ cm}$$

$$A = 0,5 \text{ cm}^2$$

$$kT/q = 25 \text{ mV}$$

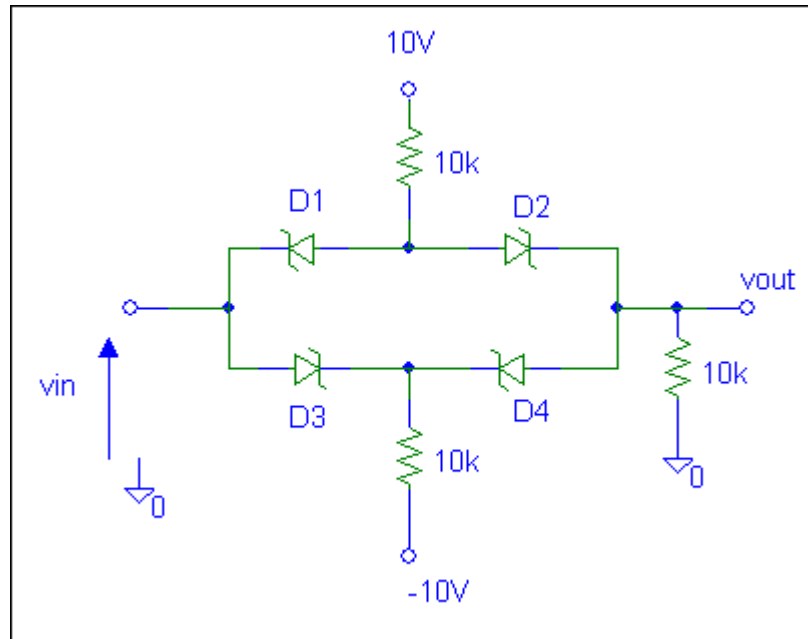
$$\epsilon_{rSi} = 11,9$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-14} \text{ F/cm}$$

Transferentzia-kurba

Noiz: 2008ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Diodoa

Ebatzi eta irudikatu 1. irudiko zirkuituaren transferentzia-kurba baldin eta Zener diodoen haustura-tentsioa bost voltetkoa bada ($V_Z = 5\text{ V}$) eta zuzenean idealtzat jotzen badira.



1. irudia

2006/2007

ikasturtea

Diodo baten asetasun-korrontea eta argipeko portaera

Noiz: 2007ko iraila - **Atalak:** Erdieroalea, diodoa

PN junturako diodo baten portaera analizatu nahi dugu, polarizazio eta argiztapen batzuen bidez kitzikatuz. Gailu horren fabrikazio-parametroak honako taula honetan agertzen dira:

Anodoko dopaketa: 10^{16} cm^{-3}	Katodoko dopaketa: 10^{18} cm^{-3}
Elektroien mugikortasuna: $900 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$	Hutsuneen mugikortasuna: $100 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$
Elektroien erdibizitza: $1 \mu\text{s}$	Hutsuneen erdibizitza: $1 \mu\text{s}$
Anodoaren zabalera: $4 \mu\text{m}$	

Dakigunez, anodoaren kontaktuan S gainazaleko birkonbinazio-abiadura dugu eta, giro-tenperaturan, potentzial termikoaren balioa hau da: $V_T = 0,026 \text{ V}$.

Galdera hauei erantzun:

- Zein izango da gailuaren portaera behartuko duen eskualdea? Arrazoitu erantzuna.
- Demagun gailuan V polarizazio zuzena aplikatzen dugula. Kalkulatu eta marraztu anodoko minoritarioen profila, injekzio baxuan egotearen hipotesia onartuta.
- Kalkulatu nola geratzen den b) ataleko erantzuna kontaktu ohmikoaren eta pasiboaren kasuetan. Marraztu emaitza horiek b) ataleko grafiko berean.
- Anodoko kontakturako dauden aurreko hiru kasuei begira, noiz lortuko da korronterik altuena gailuan? Arrazoitu erantzuna.
- Anodoko kontaktua (berriro ere S birkonbinazio-abiadura orokorraz karakterizatuz), materialean barrena sartzen ez den irradiazio batez kitzikatzen da, eta horrek g_s elektroihutsune/ $\text{cm}^2\cdot\text{s}$ sortzen ditu. Diodoa zirkuitulaburrean badago, kalkulatu eta marraztu minoritarioen profila (injekzio baxuko hipotesia onartuz)
- Kalkulatu zirkuitulaburreko korrontearen balioa eta adierazi haren noranzkoa.
- Baldin eta gailuan argiztapena eta polarizazioa batera aplikatzen badira, zenbat da (guztizko) korronte nulua dakarren tentsioa? Bereizi emaitza hori gainazaleko sorrera $g_s = 10^{17}$ elektroihutsune / $\text{cm}^2\cdot\text{s}$ eta $S = 10^4 \text{ cm/s}$ diren kasurako. Jo ezazu kontzentrazio intrintsekoa, giro-tenperaturan, $n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ dela.

Elikatze-iturria seinale sinusoidal batetik abiatu

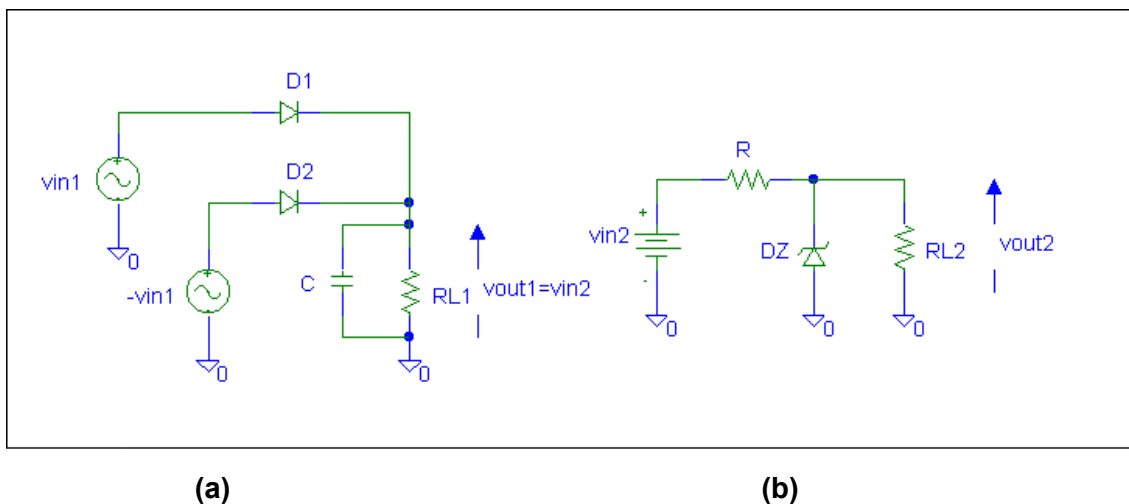
Noiz: 2007ko iraila - **Atalak:** Diodoa

Zirkuitu elektroniko orokor bat (1.b Irudian R_{L2} inpedantzia adierazten dena) elikatzeko, normalean tentsio zuzen (jarraitu) egonkor jakin bat behar da. Gure kasuan, tentsio hori $v_{out2} = 10\text{ V}$ izango da.

Tentsio zuzen hori lortzeko abiapuntu gisa, sare elektrikoak emandako 50 Hz-eko tentsio alternoa erabil daiteke. Gure kasuan, hura transformadore bikoitz bat erabiliz, zirkuituko sarrera izango da eta, beraz, $v_{in1} = 15 \cdot \sin(\omega t)$ Volt izango da (1.a. irudia).

Tentsio zuzen egonkorra bi etapatan lortu ohi da:

- Lehenengo etaparen irteeran, v_{out1} tentsioak konstantea izan behar du, gutxi gorabehera.
- Tentsio hori bigarren etapara sartu ondoren (hau da, $v_{in2} = v_{out1}$) nahi dugun tentsioa lortuko da azken zirkuituan (R_{L2} bitartez adierazia).



1. irudia

Lehenengo etapari dagokionez:

- a) Analizatu haren funtzionamendua, lehenengo kondentsadorea jarri gabe, eta marraztu sarrerako eta irteerako uhin-formak. Diodoak idealtzat jo daitezke.
- b) Zein da kondentsadorearen funtzioa? Zer eragin du haren balioak? Zenbat da v_{in2} -ren gutxi gorabeherako balioa? Zer izen du zirkuitu honek?

Bigarren etapari dagokionez:

- c) Zenbat izan behar du Zener diodoaren hausturako tentsioak?
- d) Demagun $v_{in2} = 14\text{ V}$, $R = 100\ \Omega$ eta Zenerra ideala dela. Zenbat dira, betiere tentsioa 10 voltetan ondo finkatuz, elika ditzakegun R_{L2} minimo eta maximoa?

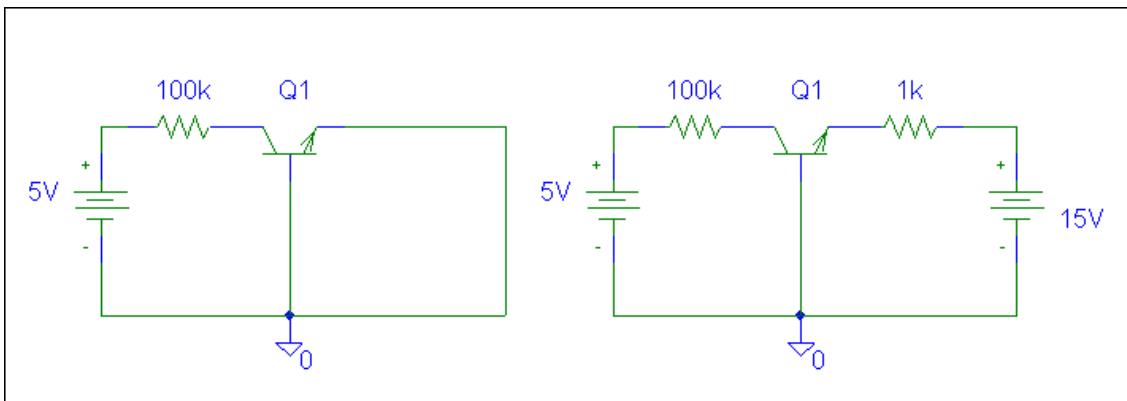
- c) Polarizazio-zirkuitu hori, polarizazioari dagokionez, egonkorra al da?
- d) Marraztu seinale txikiko zirkuitua eta lortu —R7-ren funtzioan— tentsio- eta korrante-irabaziak eta sarrerako eta irteerako inpedantziak.
- e) Baldin eta distortsio posibleen kausa BJTa dela uste badugu, zenbat da tarte dinamiko maximoa dakarren R7 erresistentzia?
- f) Zeintzuk dira, zure ustez, zirkuituaren tentsio-irabazia igotzeko aukerak? β igotzea, FETaren I_{DSS} korrantea aldatzea, erresistentziaren bat aldatzea ...

Transistore bipolarra eta Ebers-Moll eredua

Noiz: 2007ko ekaina (2p) - Atalak: Transistore bipolarra

BJT bat karakterizatzeko asmoz, 1. irudiko zirkuituak muntatu dira. Neurtu diren korronteak honako hauek izan badira:

- a) $|I_C| = 1 \text{ nA}$ $|I_E| = 99 \text{ pA}$
- b) $|I_E| = 1 \text{ pA}$



(a)

(b)

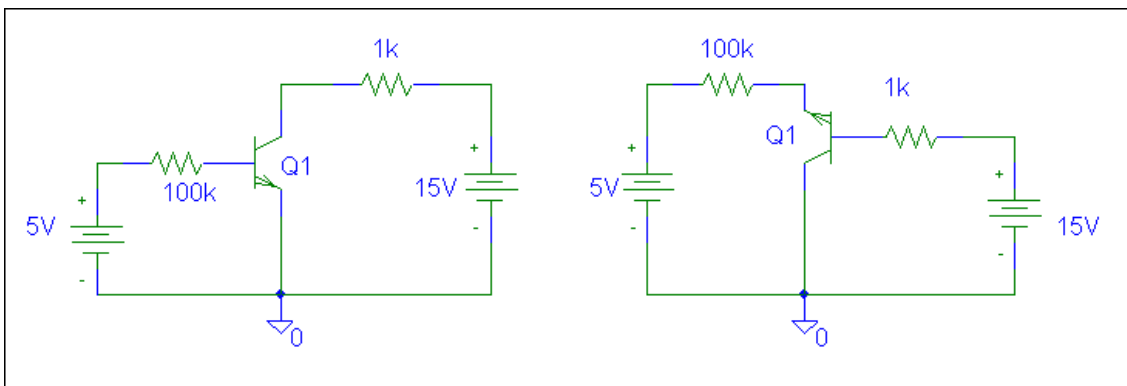
1. irudia

- a) Kalkulatu transistorearen parametro karakteristikoak eta bigarren zirkuituko I_C korrontea. Zein lan-gunetan polarizatu dugu transistorea kasu bakoitzean?.

Transistore bera 2. irudiko zirkuituak muntatzeko erabili da.

- b) Kalkulatu kasu bakoitzeko transistorearen lan-puntua, Ebers-Mollen eredu osoa erabiltzeko beharra ebaluatzuz.

OHARRA: a) atala ebatzi ezin bada, bigarren atalean hartu $\beta_F = 100$ eta $\beta_R = 0,1$.



(a)

(b)

2. irudia

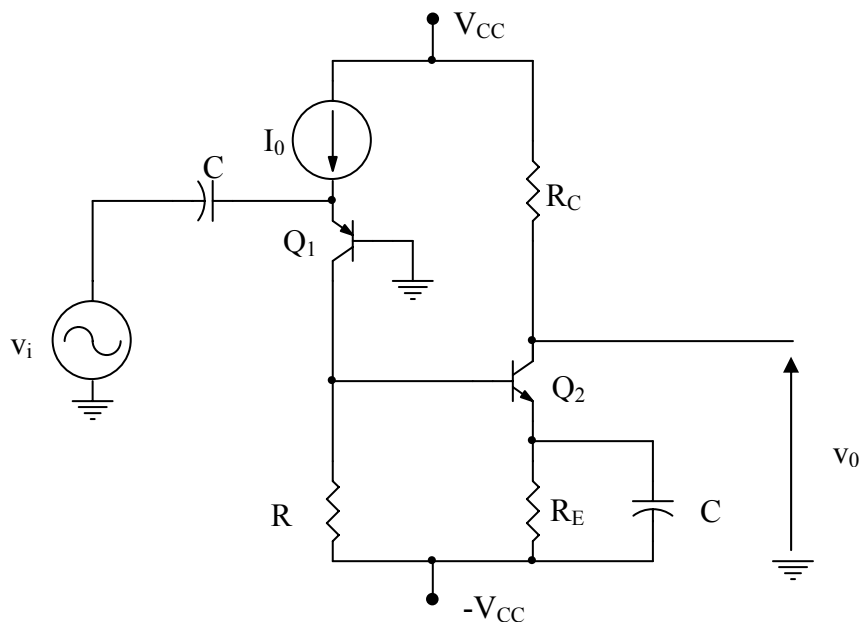
Bi transistore bipolarrez osaturiko anplifikadorea

Noiz: 2007ko ekaina (2p) - Atalak: Transistore bipolarra

1. irudiko zirkuiturako:

- Kalkulatu bi transistoreen polarizazio-puntua.
- Marraztu seinale txikiko zirkuitu baliokidea eta kalkulatut bertako parametroak.
- Kalkulatu tentsio-irabazia eta sarrerako eta irteerako inpedantziak.

DATUAK: $V_{CC} = 5\text{ V}$ $R_C = 5\text{ k}\Omega$ $R_E = 1\text{ k}\Omega$ $R = 1,6\text{ k}\Omega$ $I_0 = 1\text{ mA}$
 $|V_{BE}| = 0,6\text{ V}$ $\beta = 100$ $C = \infty$



1. irudia

Iturri komuneko amplifikadorea

Noiz: 2007ko ekaina (2p) - Atalak: Eremu-efektuko transistoreak

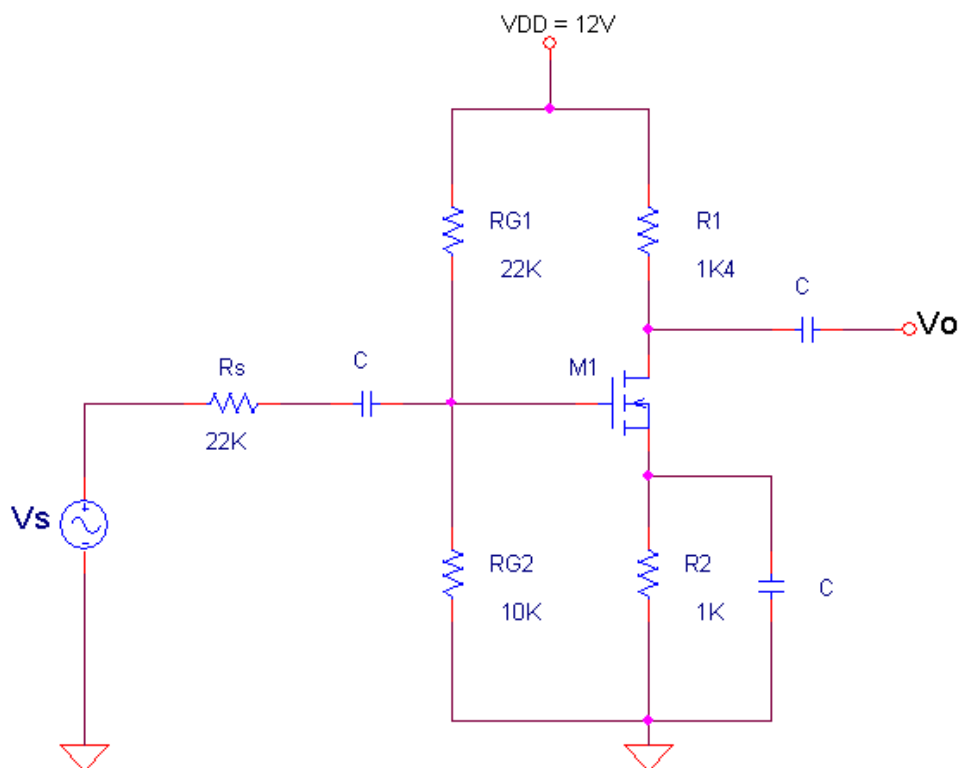
1. irudiko zirkuituan erabiltzen den FETak honako parametro hauek ditu:

$$|I_{DSS}| = 12,6 \text{ mA}$$

$$|V_T| = 4 \text{ V}$$

Erantzun beharrekoak:

- Ebatzi polarizazioa. Zirkuitu hori amplifikadore gisa erabil al daiteke? Zergatik?
- $I_D = 3,15 \text{ mA}$ -ko draineko korrontea lortu nahi badugu, zer R_{G2} erresistentzia jarri behar da? Amaitu, R_{G2} hori jarritz, daukagun lan-puntuaren analisia.
- Kalkulatu zirkuitu amplifikatzailearen Z_{in} , Z_{out} eta tentsio-irabazia (v_o/v_i) eta zirkuitu osoaren irabazia (v_o/v_s).
- c) ataleko emaitzak ikusita, zer esan dezakegu zirkuituaren funtzionamenduz?
- Tentsio-irabazia erabilitako sorgailuaren independenteagoa izatea nahi badugu (baina betiere FETaren polarizazioa mugitu gabe) zer parametro aldatu beharko genuke? Esan irabazia noraino igo genezakeen.



1. irudia

Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak

Noiz: 2007ko ekaina (1p) - Atalak: Erdieroalea, diodoa

GALDERAK

1. Azaldu esaldi hau: ***“Erregimen geldikorrean, polarizazio zuzenean, pn diodo bat zeharkatzen duen korrontearen jatorria soberako eramaileen birkonbinazioa da.”***

2. Eremu elektrikoak dakarren eramaileen atoiko mugimendua ...
 - a) ... haien mugikortasunaren bidez modelatzen da.
 - b) ... ez da aintzat hartzeko modukoa, zeren eta barreiapena bakarrik baita garrantzitsua erdieroaleetan.
 - c) ... garrantzitsuena da erdieroaleetan.

3. Barreiapeneko fluxua(k) ...
 - a) ... nulua izango da beti, lagina uniformeki dopatua bada.
 - b) ... tenperaturarekin igotzeko joera atoiak baino makalagoa du.
 - c) ... erdieroaleetan beti da atoiak baino handiagoa.

4. Birkonbinazio-fenomenoan...
 - a) ... energia askatzen da, eta energia horrek har ditzakeen izaeren artean argi-irradiazioa dugu.
 - b) ... eramaileak esponentzialki desagertzen dira.
 - c) ... energia konstante mantentzen da, inguruetan pare bat sortzen da eta.

5. Erregimen dinamikoan ...
 - a) ... kargaren bidezko kontrol-ereduak diodoan gertatzen diren efektu kapazitiboak koantifikatzen ditu.
 - b) ... aplikatutako tentsioa igoz gero, junturako kapazitatea jaisten da.
 - c) ... beti aplika daiteke osagai zuzenen eta alfernoen gainezarmena, eta bakoitza bere aldetik analizatu.

Diodo baten asetasun-korrontea eta argipeko portaera

Noiz: 2007ko ekaina (1p) - Atalak: Diodoa

pn junturako diodo bat dugu, honako datu hauek dituen:

- Zeharkako sekzioaren azalera: A
- $x = \pm w$ kontaktuetan izan ezik, ez dago birkonbinaziorik
- Kontaktuak ohmikoak dira
- Barreiapeneko konstante guztiak berdinak dira: D
- $N_A = N_D = N \gg n_i$, hau da, materiala estrintsekoa da

Diodo horretako katodoa $x = w/2$ gainazalean argizatzen da argi izpi estu bat erabiliz, eta horrek G_0 elektro-hutsune/cm²·s sorrera dakar. Lagina betiere injekzio baxuan egongo dela onartuta, kalkulatu:

- Zirkuitulaburrean, kalkulatu eta marraztu anodoko eta katodoko eskualde neutroetako minoritarioen profilak.
- Zenbat da zirkuitulaburreko korrontea?, eta haren noranzkoa?
- Zirkuitulaburreko egoera horretan, kalkulatu eta marraztu, grafiko bakar batean, elektroien eta hutsuneen atoiko eta barreiapeneko korronte osagaiak eta korronte osoak.
- Zenbat da zirkuitu irekiko tentsioa?, eta polarizazioaren noranzkoa?

Transferentziaren kurba jakin bat lortzeko zirkuitua

Noiz: 2007ko ekaina (1p) - **Atalak:** Diodoa

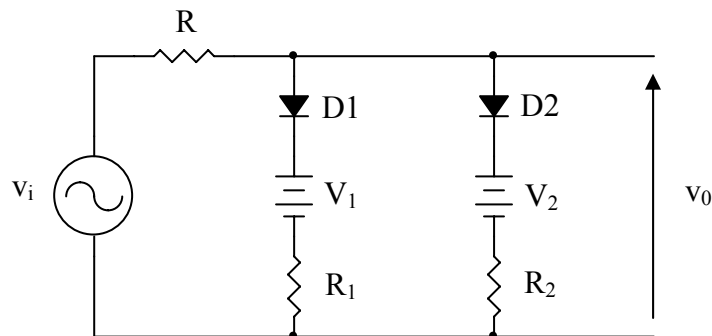
Diodoak erabiliz, $v_0 = \sqrt{v_i}$ funtzioa egiten duen zirkuitua diseinatu nahi dugu.

Horretarako, 1. irudiko zirkuitua planteatu da, zeren eta haren transferentzia-kurban agertzen diren hiru tarte zuzenak esandako funtziora hurbiltzen baitira (ikus 2. irudia). Zirkuitua ondo ibiltzeko, T1 tartean D1 eta D2 diodoek etenik egon behar dute, T2 tartean D1-ek eroaten eta D2-k etenduran egon behar dute, eta T3 tartean biak eroaten dute.

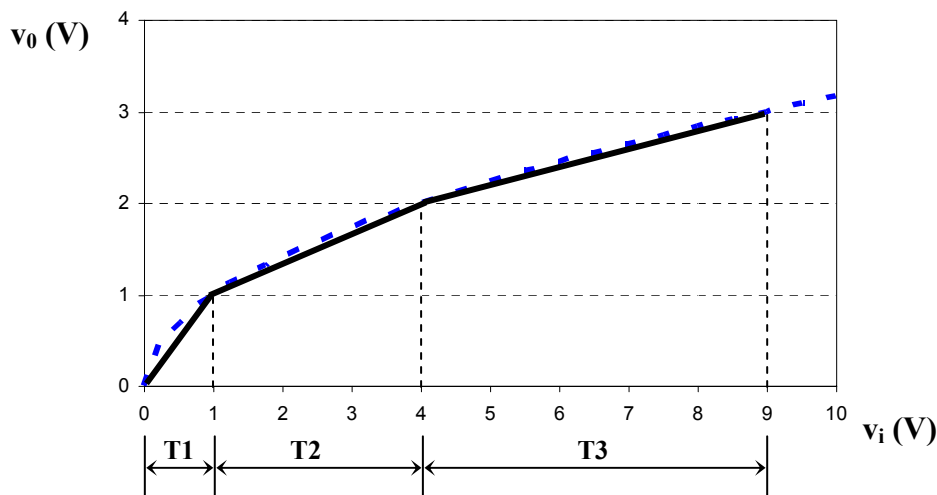
Honako galdera hauei erantzun:

- Kalkulatu diodoak aipatu diren egoeretan egotea bermatzen duten V_1 eta V_2 balioak.
- Kalkulatu R_1 , T2 tartean emandako transferentzia-kurba bete dadin.
- Kalkulatu R_2 , T3 tartean emandako transferentzia-kurba bete dadin.

DATUAK: $R = 1K$ $V_\gamma = 0,7 V$ (bi diodoetarako)



1. irudia



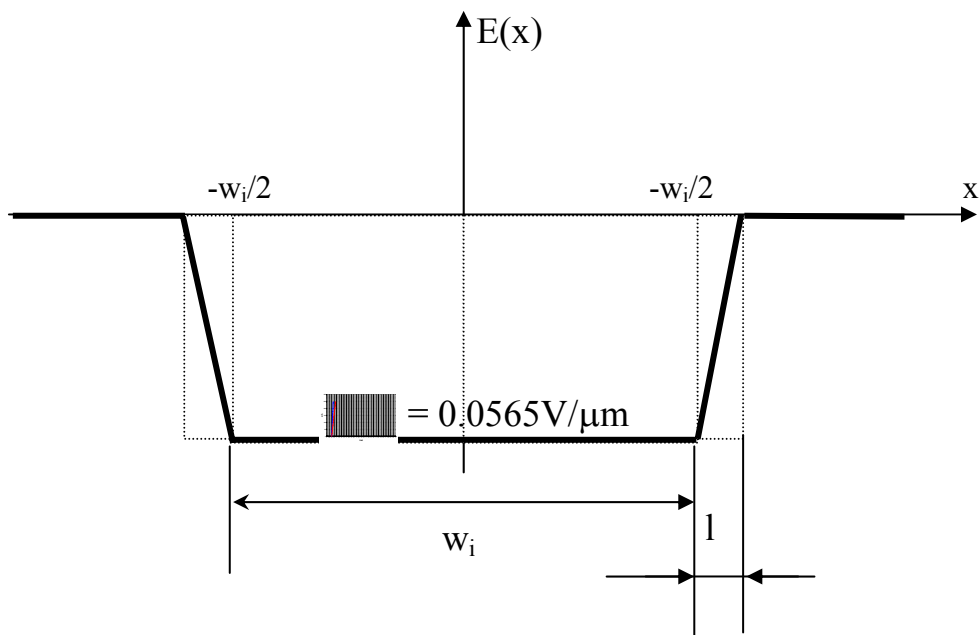
2. irudia

P-i-N egitura bateko potentzial termodinamikoa

Noiz: 2007ko otsaila (lehenengo partziala) - Atalak: Diodoa

p-i-n egitura batean, oreka termodinamikoari buruzko zenbait kontu analizatu nahi ditugu. Esandako egituran, erdiko zona silizio intrintsekoakoa da eta ezkerrekoa eta eskuinekoa p eta n motakoak dira, hurrenez hurren.

Analisia egiteko, badugu egituran –orekan- agertzen den eremu elektrikoaren profila (ikus 1. irudia)



1. irudia. Oreka termodinamikoan p-i-n egituran neurtu den eremu elektrikoaren profila

Beste datu interesgarri batzuk honako hauek dira:

$$|E(0)| = 0,0565 \text{ V}/\mu\text{m} \quad w_i = 20 \mu\text{m} \quad \epsilon_r = 11.8 \quad \epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-14} \text{ F/cm}$$
$$n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3} \quad A = 1 \text{ mm}^2$$

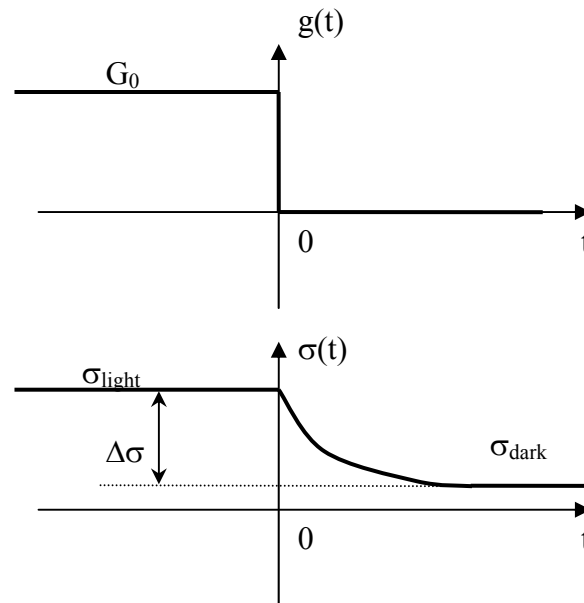
Honako galdera hauei erantzun:

- Kalkulatu egitura honi dagokion potentzial termodinamikoa (hartu $w_i \gg l$).
- Zenbat dira p eta n eskualdeetako dopaketak?
- Garatu, kualitatiboki, karga elektrikoaren eta potentzialaren grafikoak.
- Egituran zehar, ba al dago korronteirik? Zenbat da elektroien korrontea? Eta hutsuneena? Ba al dago elektroien atoiko korronteirik? Eta barreiapenekorik?

Eramaileen erdibizitza eta soberakinaren denborarekiko bilakaera

Noiz: 2007ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea

Minoritarioen erdibizitza neurtzeko bide klasikoa σ eroankortasunaren denborarekiko bilakaerak analizatzea da. Izan ere, argiztaturiko lagin batetik abiatuz, argia itzaltzen denean gertatzen den erregimen iragankorreko $\sigma(t)$ erabili ohi da (ikus 1. irudia).



1. irudia. Itzali orduko erregimen iragankorreko σ eroankortasunaren bilakaera

Laginari buruzko datuak:

$$D_n = 30 \text{ cm}^2/\text{s} \quad kT/q = 25 \text{ mV} \quad n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

Erantzun honako galdera hauei:

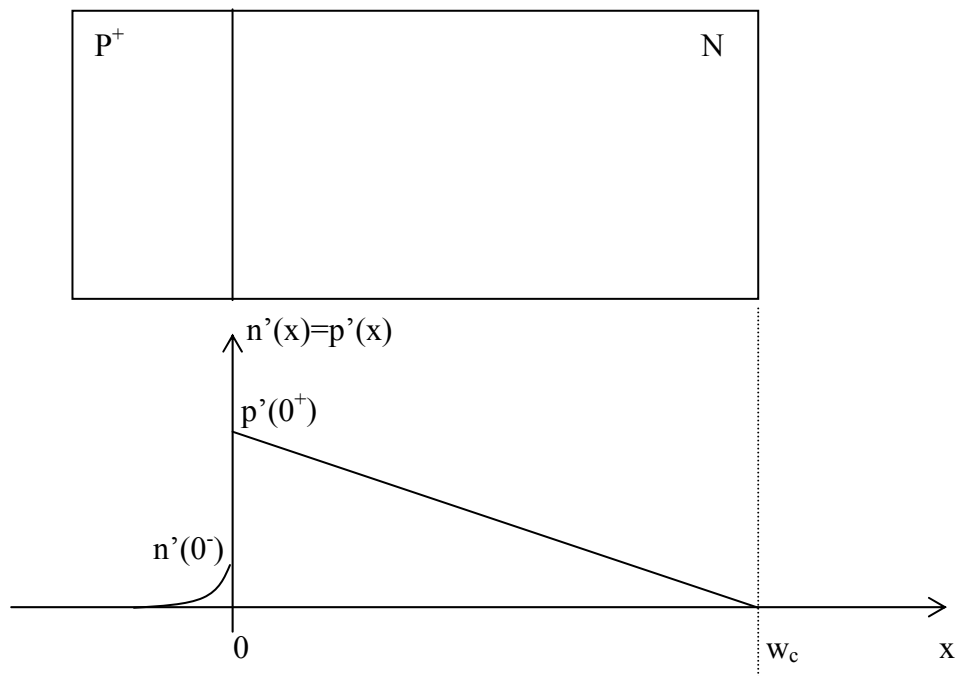
- Kalkulatu oreka termodinamikoko eroankortasuna (σ_{dark}) baldin eta $N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ezpurutasun emailez dopatutako siliziozko lagin bat badugu. Esan zer lagin mota dugun.
- Lagina argiztatuta dagoenean ($t < 0$), zenbat da (τ_m minoritarioen erdibizitzaren eta G_0 -ren funtzioan) minoritarioen soberakina dela-eta agertzen den eroankortasun-hazkundera? Eta maioritarioen soberakinari dagokiona?
- G_0 sorrera, σ_{light} eta σ_{dark} jakinez gero, erdibizitza atera daiteke. Kalkulatu $\tau_m \sigma_{\text{light}} - \sigma_{\text{dark}} = \Delta\sigma = 2,56 \cdot 10^{-3} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ eta $G_0 = 10^{16} \text{ pare/cm}^3/\text{s}$ kasuan.

Diodo baten asetasun-korrontea eta argipeko portaera

Noiz: 2007ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea eta diodoa

1. irudian, P⁺N diodo batean polarizazio jakin bat aplikatuz agertzen diren minoritarioen profilak erakusten dira. Beste datu batzuk honako hauek dira:

$w_a = 1000 \mu\text{m}$	$w_c = 10 \mu\text{m}$	
$N_A = 10^{18} \text{cm}^{-3}$	$N_D = 10^{14} \text{cm}^{-3}$	
$D_n = 6 \text{cm}^2/\text{s}$	$D_p = 15 \text{cm}^2/\text{s}$	
$\tau_n = 0,5 \text{ms}$	$\tau_p = 50 \mu\text{s}$	
$A = 0,5 \text{cm}^2$	$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$	$n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{cm}^{-3}$
$p'(0^+) = 1,66 \cdot 10^{12} \text{cm}^{-3}$		



1. irudia. Anodoko eta katodoko minoritarioen soberakinak

Honako kontu hauek argitu nahi ditugu:

- Zer polarizazio mota dugu?
- Zer esan dezakegu $x = w_c$ kontaktuari buruz? Eta $x = -w_a$ gainazalekoaz?
- Kalkulatu bolumeneko birkonbinazioa (R_V) eta gainazalean gertatzen dena (R_S). Atera ondorioak.
- Zenbat da -3. irudiko baldintzetan- gailua zeharkatzen duen korrontea?
- Zer eragingo luke (korrontean) katodoko kontaktua pasibatzeak?

- f) Orain diodoa argizatzen dugu, eta hustutako eskualdean $1,25 \cdot 10^{16}$ pare e^- $-h^+$ /cm²·s sortzen da. Kalkulatu eta marraztu argizaturiko diodoaren I-V kurba. Kalkulatu zenbat den zirkuitulaburrean gailutik irteten den korronea (I_{sc}) eta zirkuitu irekiko tentsioa (V_{oc}).
- g) Argizaturiko diodo horretatik ahalik eta potentzia (korronte) maximoa atera nahi badugu, zer bilatu behar dugu, kontaktu ohmikoak edo pasiboak izatea?

Zirkuitu diododunak

Noiz: 2007ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Diodoa

1. irudian agertzen den zirkuituan, laborategitik hartutako bi p⁺n diodo berdinekin eta Zener bat erabili ditugu. Diodo zuzentzaileen I-V kurba esperimentalak neurtu dugu, eta diodo ideal bati dagozkion ezaugarriarekin erkatu da (ikus erantsitako grafikoa).

Kalkulatu:

- Diodoaren serieko erresistentzia
- Erresistentzia hori bakarrik eskualde neutroei dagokiela onartuta, kalkulatu haien dopaketa.
- Grafikoa kontuan hartuta, marraztu diodo idealari eta errealari dagozkien seinale handiko ereduak, eta azaldu emaitza.

Zener diodoaren (zuzeneko) portaera D1 eta D2 diodoen antzekoa dela onartuz, eta haren hausturako tentsioa 5 V dela jakinda, kalkulatu:

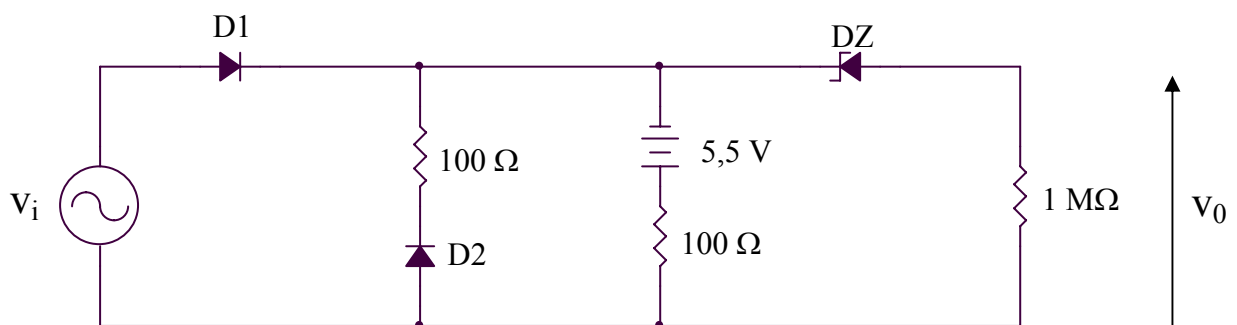
- Zirkuituaren transferentziaren funtzioa (atal honetan ez itzazue kontuan har diodoari dagozkion erresistentziak).
- $v_i = 0,5$ V kasuan, kalkulatu diodoek jasaten duten tentsioa. D1 diodoaren kasuan, errepikatu kalkulu hori grafikoki.

Beste datu batzuk:

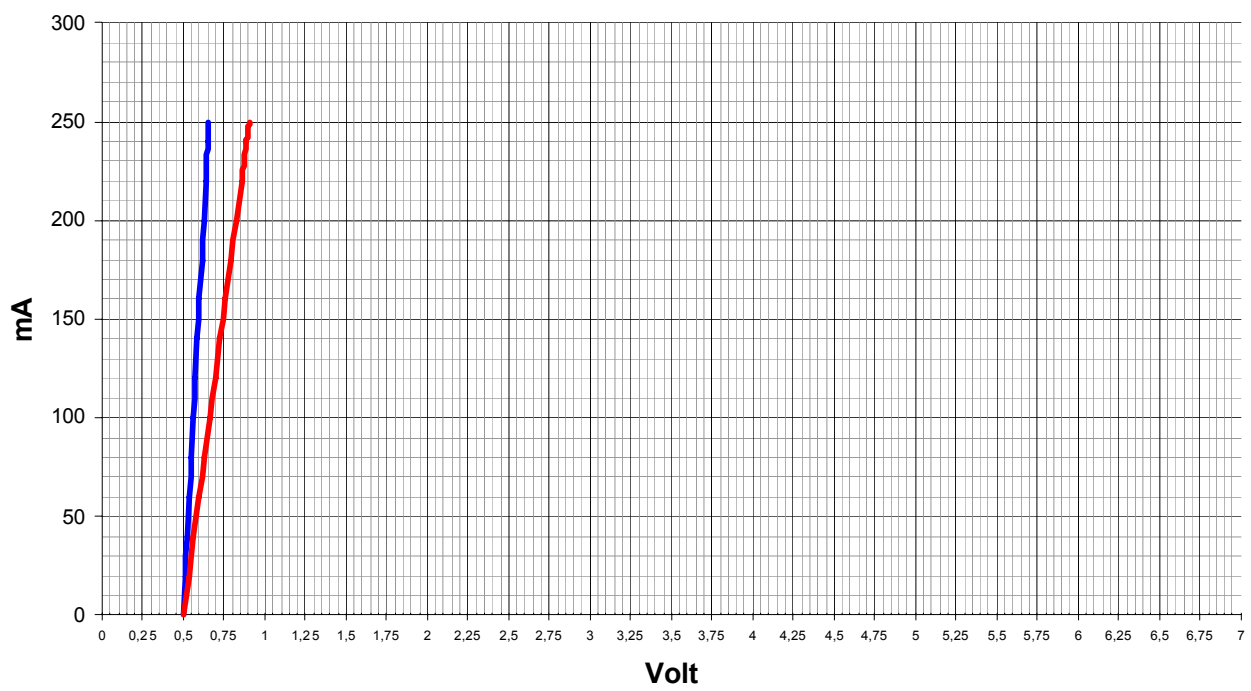
$$A = 0,5 \text{ cm}^2$$

$$w_c = 100 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\mu_n = 1.250 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$



1. irudia



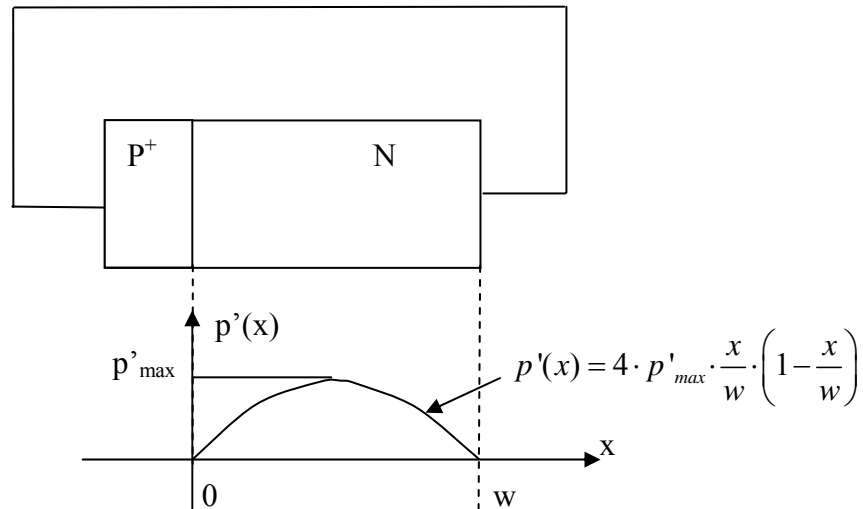
2005/2006

ikasturtea

Diodo baten argipeko portaera

Noiz: 2006ko iraila - **Atalak:** Erdieroalea, diodoa

P⁺N diodo baten katodoa uniformeki argizatuz, zirkuitulaburrean, 1. irudian agertzen den minoritarioen profila lortu da.



1. irudia

Katodorako datuak:

$$N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$$

$$D_p = 10 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$\tau_p = 10 \text{ ms}$$

$$A = 1 \text{ cm}^2$$

$$p'_{max} = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

$$w = 100 \text{ }\mu\text{m}$$

Egin beharrekoak:

- Kalkulatu eta marraztu katodoan dugun hutsuneen fluxua.
- Zenbat da birkonbinazioa (pare/segundo) katodoaren kontaktuan? Zer esan dezakegu gainazal horri buruz?.
- Eta bolumeneko birkonbinazioa, zenbatekoa da?.
- Zenbat da P⁺ eskualderantz juntura zeharkatzen duen hutsuneen fluxua? Birkonbinazio baten izaera al du?
- Zenbat da laginean guztira gertatzen den birkonbinazioa? Eta sorrera?
- Zenbat da gailutik irteten den korrrontea?

Diodoen aplikazio nagusiak: artezleak eta mugatzaileak

Noiz: 2006ko iraila - **Atalak:** Diodoa

Diodoen aplikazioen artean, uhin alfernoak artezteia (artezleak) eta mugatzea (ebakitzaleak) ditugu. Marraztu eskema elektronikoa eta transferentzia-kurba zirkuitu hauentzat:

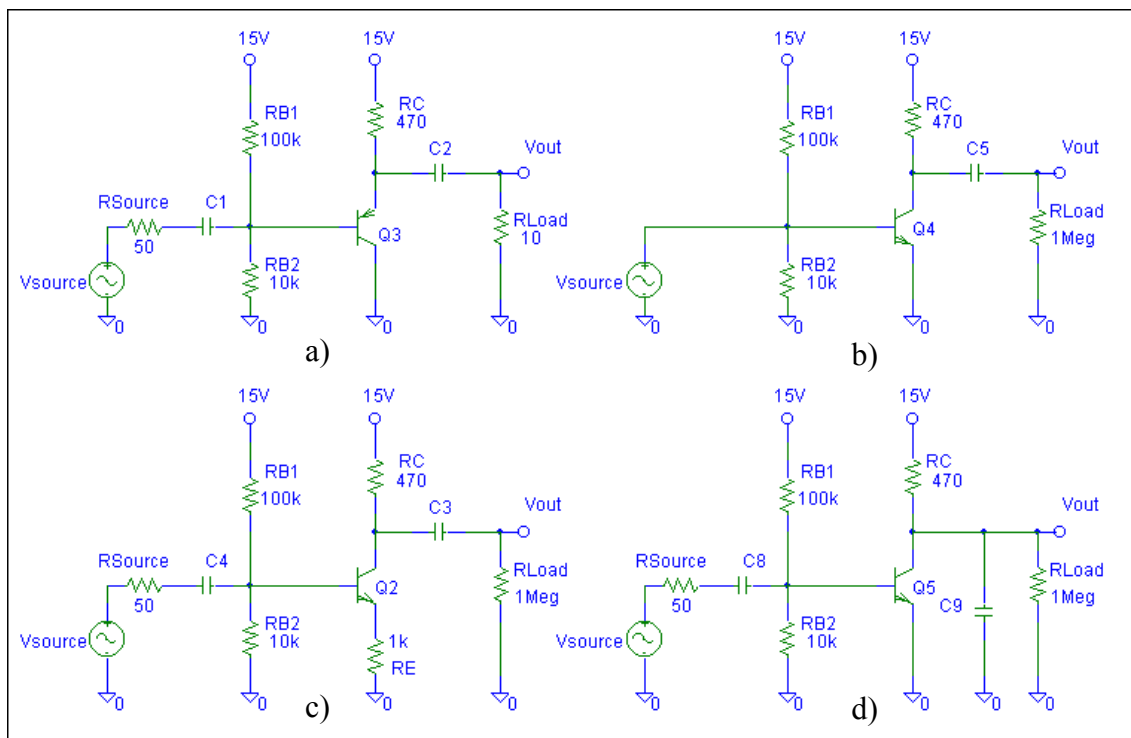
- a) Uhin-erdiko artezgailua.
- b) Bakarrik -5 V eta 5 V arteko balioak baimentzen dituen zirkuitu ebakitzalea.

Transistore bipolarrak egokiro polarizatzen

Noiz: 2006ko iraila - **Atalak:** Transistore bipolarra

Irudiko zirkuituek anplifikatzeko eskaintzen dituzten aukerak aztertu nahi ditugu, betiere gutxi gorabehera eta polarizazio eta seinale txikiko zirkuituetan oinarrituz.

- Esan, erantzuna azalduz, irudikatu diren zirkuituak funtzionatzeko gauza diren ala ez.
- β -ren balioa edozein dela ere, zirkuitu bateko transistorea ez dago aktiboan polarizatuta. Zein zirkuitu da hori?
- Beste hiru zirkuituetako baten polarizazioa ez da bestea bezain egonkorra transistore edo tenperatura-aldaketen aurrean. Zein da zirkuitu hori? Zergatik du egonkortasun txikiagoa?
- Zirkuituetako batek ez du tentsioa anplifikatzen, korronea baizik. Zein da? Nola du izena egitura horrek?
- Ez dakigu zenbat den hirugarren irudiko zirkuituko β , baina badakigu handia dela. Ezer esan al dezakegu haren polarizazioari buruz? Zergatik?



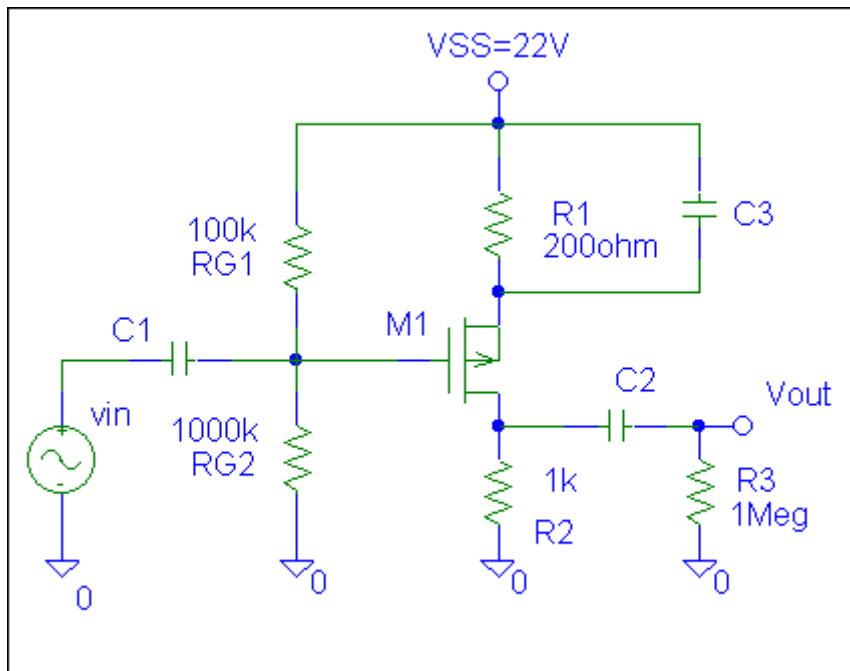
1. irudia

Iturri komuneko amplifikadorea

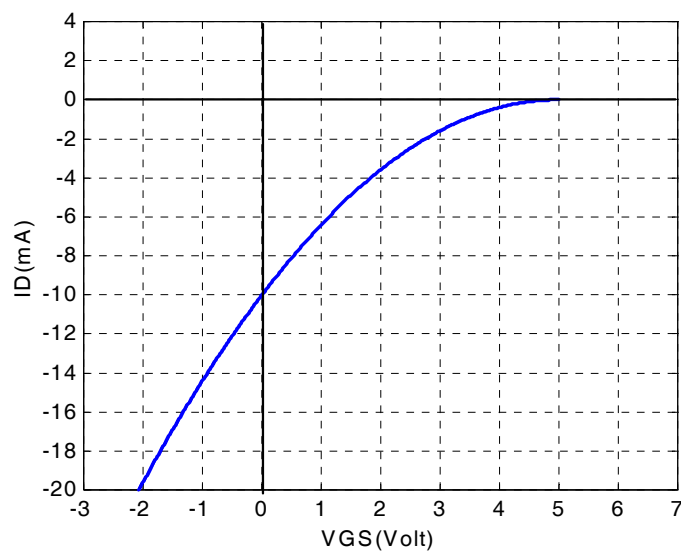
Noiz: 2006ko iraila - **Atalak:** Eremu-efektuko transistorea

1. irudiko zirkuituaren amplifikazio-ezaugarriak analizatu nahi ditugu. Transistorearen aresetuneko ezaugarria 2. irudikoa bada, kalkulatu:

- a) Lan-puntua.
- b) Tentsio- eta korrante-irabaziak eta sarrerako eta irteerako inpedantziak.



1. irudia



2. irudia

Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak

Noiz: 2006ko iraila - **Atalak:** Erdieroalea eta diodoa

Test motako galderak

1. Erdieroaleetan, korrontea Ohmen legeak finkatzen du:
 - a) Bai, beti, zeren Ohmen legea elektronikaren oinarritzko legeetako bat baita.
 - b) Inoiz ez, zeren eta fotokorrontearekin alderatuta ez baita aintzat hartzeko modukoa.
 - c) Bakarrik baldintza jakin batzuetan.

2. Zergatik erabiltzen dugu jarraitutasunaren ekuazioa eramaile minoritarioekin?
 - a) Zeren eta ekuazio horretan, injekzio baxuan, atoiko osagaia baztergarria izaten baita eta horrek ebazpena errazten baitu.
 - b) Zeren eta minoritarioen soberakina maioritarioen baino txikiagoa baita eta, beraz, errazago kalkulatzen da.
 - c) Zeren eta eramaile minoritarioen korrontea erdieroalean dugun korronterik handiena baita.

3. Poissonen ekuazioa(k) ...
 - a) ... oreka termodinamikoan erabil daiteke soilik.
 - b) ... esaten digunez, eskualde neutro batean eremu elektrikoa konstantea da.
 - c) ... masa-ekintzaren legearen baliokidea da, oreka termodinamikotik kanpo.

4. Diodo batean, kanpotik tentsio positibo bat aplikatzeak:
 - a) P eta N eskualdeen arteko potentzial-langa handitzen du.
 - b) P eskualdetik N eskualdera doan korronte positibo bat eragiten du.
 - c) Korronte bat eragiten du eta korronte horrek, normalean, Schottkyren legeari jarraitzen dio.

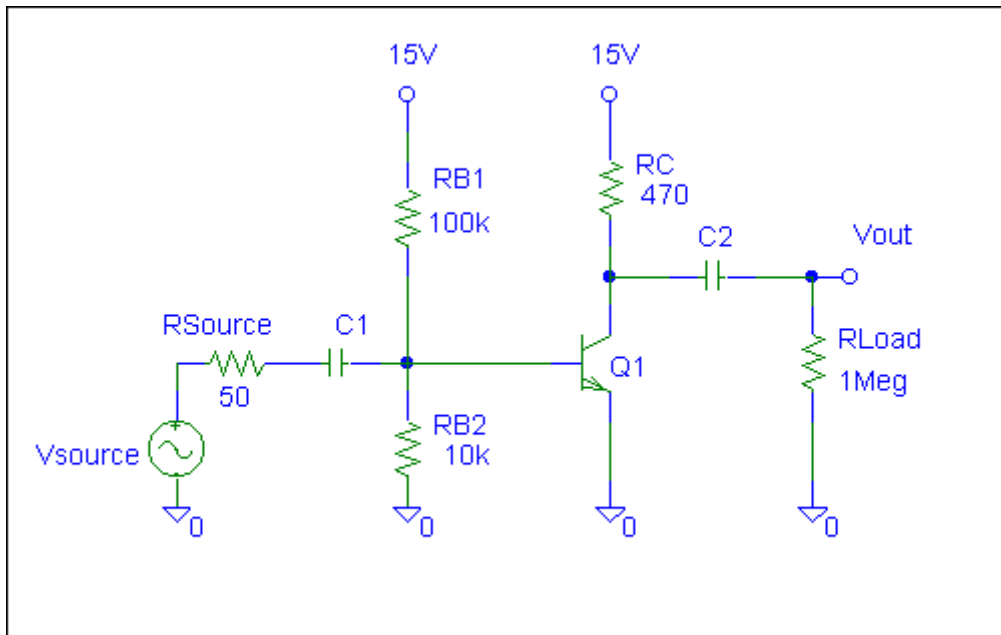
5. Seinale txikiko erregimenean:
 - a) Tentsio alferno eta sinusoidalaren osagaiari dagokion erantzuna zera da: forma berdina duen korronte bat.
 - b) Gailuaren erantzuna maiztasunarekiko independentea da.
 - c) Junturako kondentsadorea eskualde neutroetako bano garrantzitsuagoa da.

Igorle komuneko amplifikadorea

Noiz: 2006ko ekaina (2p) - Atalak: Transistore bipolarra

Irudian agertzen den zirkuituaren amplifikazio-ezaugarriak analizatu nahi ditugu. Dakigunez, erabiltzen ari garen transistorearen barneko parametroak hauek dira:

$$\alpha_F = 0,995 \quad I_{CS} = 10 \text{ pA} \quad I_{ES} = 1 \text{ pA}$$



1. irudia

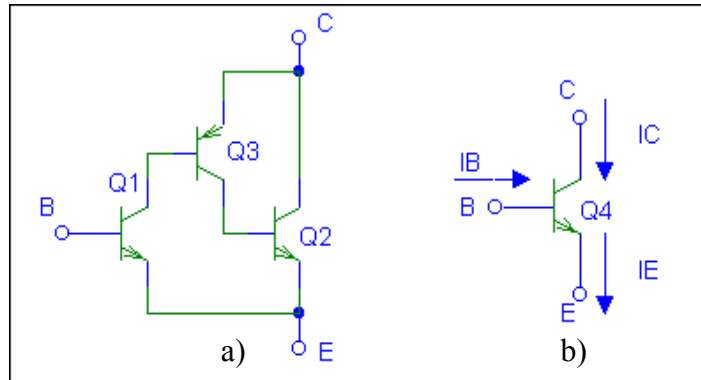
$V_T = 25 \text{ mV}$ hartuz,

- Kalkulatu, zehatz-mehatz, lan-puntuan ditugun V_{BE} , I_B , I_C eta V_{CE} balioak. Aurreko atala ez bada atera, hemendik aurrera hartu $V_{BE} = 0,6 \text{ V}$.
- Zein da tarte dinamikorik handiena lortzen duen R_C -ren balioa?
- Hori al da tentsio-irabazirik handiena dakarren R_C erresistentzia?
- Zenbat da zirkuitu amplifikatzaile honetako sarrerako inpedantzia? Eta irteerakoa?

Transistore bipolarren polarizazioa

Noiz: 2006ko ekaina (2p) - **Atalak:** Transistore bipolarra

1a Irudian agertzen diren hiru transistoreez eratzen den egitura edo konbinazioa 1b irudiko transistoreaz ordeztu daiteke, hainbat kasutan biak baliokideak dira eta.



1. irudia

Kalkulatu:

- Transistore baliokidearen β parametroa, 1b irudiko I_C/I_B adierazpenaz definitzen dena, baldin eta parte hartzen duten oinarriko hiru transistoreek aktiboan lan egiten badute.
- Zenbat da Q4 transistore baliokidea asetasunean sartzean dugun V_{CE} tentsioa? (Onartu Q4 baliokidea aktiboan egoteko Q1, Q2 eta Q3 aktiboan mantendu behar direla batera).

Datuak: $V_{BE1} = V_{BE2} = V_{EB3} = 0,7 \text{ V}$, $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 10$

Iturri komuneko amplifikadorea

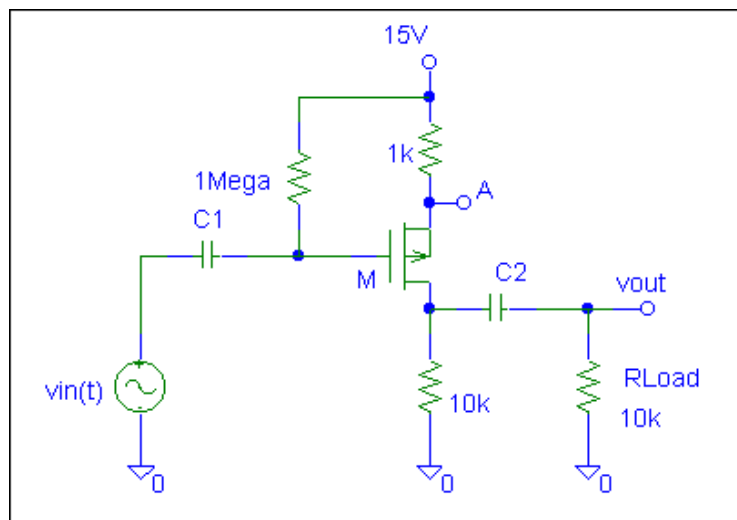
Noiz: 2006ko ekaina (2p) - Atalak: Eremu-efektuko transistorea

Irudian agertzen den zirkuituko transistorea aletasunean polarizatuta dago. A puntuari neurtu den tentsioa honako hau da:

$$v_A(t) = 14 + 0,9 v_{in}(t)$$

Egin beharrekoak:

- Zer transistore mota da? Arrazoitu erantzuna.
- Kalkulatu polarizazio-tentsio eta -korronteak.
- Zenbat da kasu honetako g_m ?
- Kalkulatu transistorearen parametro nagusiak.
- Kalkulatu zirkuitu honetako tentsio-irabazia eta sarrerako eta irteerako inpedantziak.

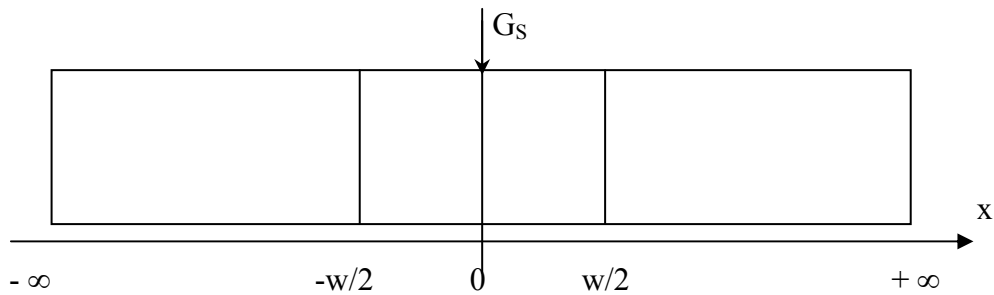


1. irudia

Erdieroalezko lagin baten argipeko analisia

Noiz: 2006ko ekaina (1p) - Atalak: Erdieroalea

Badugu N_D ezpurutasun emailerik gabeko siliziozko barra infinitu bat. Laginaren $x = 0$ planoan irradiazio bat aplikatzen dugu egoera geldikorrean, eta zentimetro koadro eta segundo bakoitzeko G_S e^-h^+ pare sortzen dira.



1. irudia

- g) Kalkulatu eta marraztu laginean agertzen den minoritarioen profila, kontuan hartuz $w/2 \ll L_p$. Egin horretarako onesten dituzun hurbilketak.
- h) Laginaren sekzioa A bada, kalkulatu $-\infty \leq x \leq -w/2$ eta $w/2 \leq x \leq \infty$ eskualdeetan gertatzen den birkonbinazioa (pare/segundo unitateekin).
- i) Kalkulatu, orobat, $-w/2 \leq x \leq w/2$ tarteari dagokion birkonbinazioa (segundoko pare-tan).
- j) Zer ondorioztatzen duzu? Sinplifikatzeko egindako hipotesirik frogatzen al du horrek?

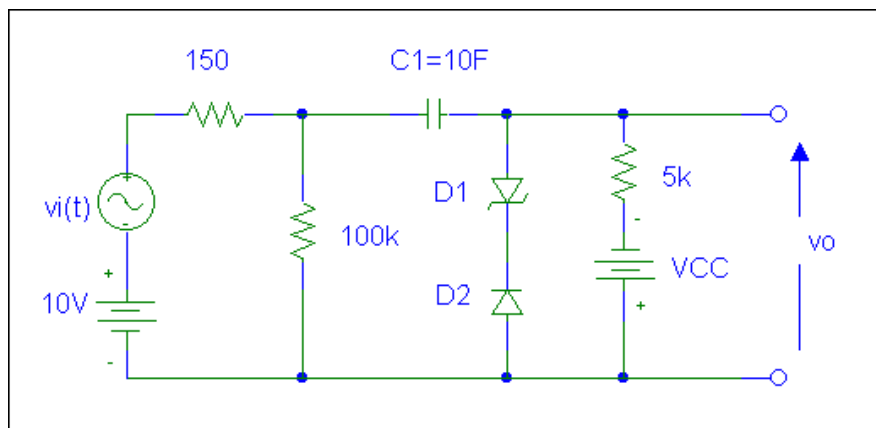
Transferentzia-kurbak

Noiz: 2006ko ekaina (1p) - Atalak: Diodoa

Irudian agertzen den zirkuituari dagokionez, badakigu diodoen asetasun-korrontea 1 nA dela eta eskualde neutroei eta kontaktuei batera dagokien erresistentzia 5Ω dela. Era berean, eskualde neutroetako erdibizitza baliokidea $5 \mu\text{s}$ -an baliotetsi da, eta Zener diodoaren hausturako tentsioa 5 V da.

Kalkulatu:

- Diodoetako korronte eta tentsio osoak, baldin eta $v_i = 0 \text{ V}$ eta $V_{CC} = 15 \text{ V}$.
- Diodoetan agertzen diren korronte eta tentsio osoak $v_i = 0 \text{ V}$ eta $V_{CC} = -5 \text{ V}$ direnean.
- Zener diodoaren seinale txikiko zirkuitu baliokidea (hausturan dagoenean) beraren serieko erresistentziaz, besterik gabe, osatzen dela onartuta; kalkulatu bi diodoetako korronte eta tentsio osoak baldin eta $v_i = 0,1 \cdot \sin(100t) \text{ V}$ eta $V_{CC} = 15 \text{ V}$.
- Kalkulatu eta irudikatu aurreko kasuan dugun v_o tentsioa.



1. irudia

Erdieroaleari eta diodoari buruzko galdera teorikoak

Noiz: 2006ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea eta diodoa

GALDERA LABURRAK

Aukeratu erantzun zuzena:

1. Material erdieroalea(e)k.
 - a) Dielektrikoen eta metalikoen arteko erresistibitatea dute, eta temperaturarekin txikiagotzen da.
 - b) Oso erresistiboak dira argiztatzeko ditugunean, baina ez ilunpean.
 - c) Huts handiko hodien eta kristal likidozko pantailen oinarria dira.
2. Oreka termodinamikoan:
 - a) Korrontea, guztira, nulua da, zeren eta hutsuneen eta elektroien korrontek berdinak baina kontrako zeinukoak baitira.
 - b) Elektroiak geldi-geldirik daude, ez dago inolako mugimendurik.
 - c) Eramaille mota bakoitzerako barreiapeneko eta atoiko fluxuek elkar konpentsatzen dute.
3. Silizio intrintsekozko lagin bat eremu elektriko baten eraginpean jarriz gero:
 - a) Elektroiek eta hutsuneek berdin-berdin hartzen dute parte atoiko korrontean.
 - b) Elektroien eta hutsuneen atoiko korrontek kontrako noranzkoetan doaz.
 - c) Elektroien atoiko fluxua hutsuneena baino handiagoa da.
4. Einsteinen erlazioak ...
 - a) esaten digunez, eramaileen fluxuek kontzentrazioarekiko duten menpekotasuna erlatiboa da.
 - b) esaten digunez, atoiko eta barreiapeneko mekanismoen artean nolabaiteko erlazioa dago.
 - c) honako hau ikustea errazten digu: mugikortasuna temperaturarekin igotzen bada ere, barreiapeneko koefizientea konstante mantentzen da.
5. Sorrera- eta birkonbinazio-fenomenoak.
 - a) Oreka termodinamikoetik kanpo baino ez dira agertzen.
 - b) Oreka termodinamikoan elkar konpentsatzen dute.
 - c) Minoritarioen erdibizitzaren arabera dira.
6. Erdieroaleen gainazal pasiboak (pasibatuak).
 - a) Korrontea gailutik ateratzeko nahiago ditugun gainazalak dira.
 - b) Ohmikoak baino birkonbinazio txikiagoa eragiten dute.
 - c) Eramailen soberakinen minimo bat dakarte.

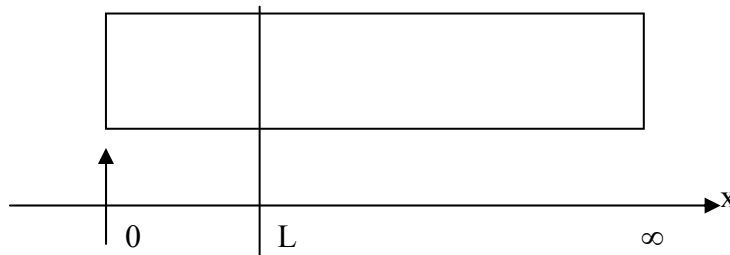
7. Diodoen karga espazialeko (hustutako) eskualdeko birkonbinazioa, normalean...
- a) Eskualde neutroetakoa eta kontaktuetakoa baino handiagoa izaten da, eremu elektriko nabaria dago eta..
 - b) Eskualde neutroetakoa baino txikiagoa da, eramaile-kontzentrazioa txikiagoa da eta.
 - c) Izaera erresistibokoa izaten da.
8. Diodoen haustura-tentsioa(k) ...
- a) Baxuagoa da Zener diodoetan diodo artezleetan baino.
 - b) Atariko tentsioa ere deitzen da eta, siliziozko diodoetan, 0,7 V inguruko balioa izaten du.
 - c) Ez du inoiz iritsi behar, zeren eta diodoak gailu hauskorak baitira.
9. Eskualde neutroetako eta kontaktuetako erresistentzia(k):
- a) Oinarrizkoa da diodoaren alderantzizko funtzionamendua ulertzeko.
 - b) Diodoa zeharkatzen duten korronteak txikiak direnean bakarrik da garrantzitsua; beraz, batez ere injekzio baxuan hartuko dugu kontuan.
 - c) Diodoaren terminaletan aplikatzen den tentsioa oso-osorik junturan ez agertzea ekar dezake.
10. Seinale txikiko erregimenean egongo gara baldin eta:
- a) Seinale zuzen batekin batera alternoko seinale bat aplikatzen bada
 - b) Diodoan oso korronte altua eragiten duen seinale oso txiki bat aplikatzen bada.
 - c) Polarizazio positibo handi batekin batera tentsio alferno txiki bat aplikatzen bada.

Soberakinaren profilaren analisia

Noiz: 2006ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea

Irudian agertzen den siliziozko barra infinitua daukagu giro-tenperaturan, $N_D = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ ezpurutasun emalez dopatuta. Kanpoko perturbazio batek, egoera geldikorrean, $p'_n(0) > 0$ hutsune-soberakina eragiten du.

Lagina nahiko berezia da, $0 \leq x \leq L$ eskualdean sorrera-birkonbinazioko zentro guztiak kentzea lortu dugulako.



1. irudia

- Kalkulatu oreka termodinamikoan ditugun eramaile-kontzentrazioak. DATUA:
 $n_i(T_a) = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$.
- $p'_n(0) = 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ bada, zein injekzio mota dugu? Arrazoiu erantzuna.
- Frogatu formula hau betetzen dela:

$$p'_n(L) = p'_n(0) \cdot \frac{L_p}{L + L_p}$$

non L_p hutsuneen barreiapeneko luzera baita.

- Kalkulatu eta marraztu eramaile minoritarioen profila eta hari dagokion korrantea.

Diodo jakin baten asetasun-korrontea

Noiz: 2006ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea

Badugu juntura latzeko diodo ideal bat, honako parametro hauekin:

$$N_A = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

$$\tau_n = 1 \text{ } \mu\text{s}$$

$$w_{\text{anodo}} = 5 \text{ } \mu\text{m}$$

$$N_D = 3 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$$

$$\tau_p = 1 \text{ } \mu\text{s}$$

$$w_{\text{katodo}} = 300 \text{ } \mu\text{m}$$

$$V_T = 26 \text{ mV}$$

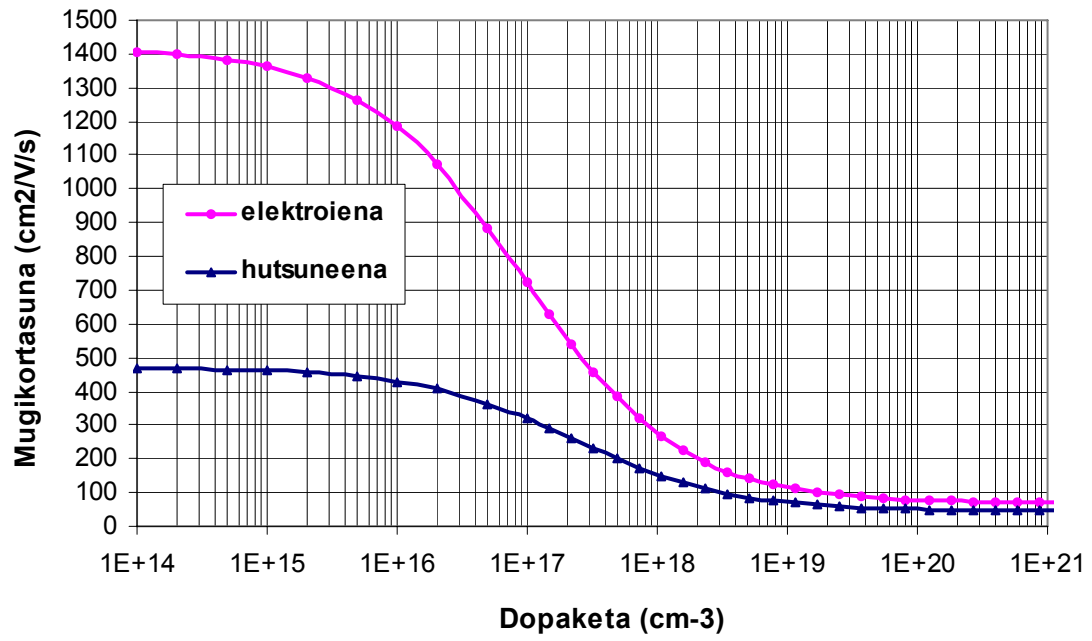
Dopaketaren eta eramaileen mugikortasunaren arteko erlazioa (ikus 1.irudia)

Dakigunez, eskualde dipolarreko sorrera-birkonbinazioko fenomenoak hutsalak dira.

0,5 V-eko polarizazio zuzeneko tentsioa aplikatu dugu, eta diodoa injekzio baxuan mantentzen da.

Erantzun honako galdera hauei:

- Anodoaren eta katodoaren kontaktuak ohmikoak direla onartuta, kalkulatu eta marraztu minoritarioen profilak eta dagozkien barreiapeneko korronteak,
- Zer pisu du elektroien osagaiak korronte osoan (%etan)?
- Nolako eragina izango luke korronte osoan anodoaren kontaktua pasibatzeak? Arrazoitu erantzuna.
- Baldintza horietan, eta polarizazio zuzenean jarraituz, marraztu katodoan ditugun korronte osoa, elektroien korrontea eta hutsuneen korrontea. Halaber, irudikatu eramaile mota bakoitzeko atoiko eta barreiapeneko osagaiak. Horretarako, egin komenigarritzat jotzen dituzun hipotesi sinplifikatzaileak. Jakin, orobat, katodoan kargaren neutraltasunaren hipotesia betetzen dela.
- Aurreko atala ikusita, zein da korronte osoaren osagai nagusia katodoaren kontaktuaren inguruetan? Eta hustutako eskualdearen inguruetan?



1. irudia

Zirkuitu diododunak

Noiz: 2006ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Diodoa

Irudiko zirkuituan agertzen diren lau diodoen alderantzizko asetasun-korronte $I_S = 10 \mu\text{A}$ da, eta haien funtzionamendua Shockleyren ekuazioaren bidez modela daiteke, hausturan izan ezik.

- Kommutagailua lehenengo posizioan mantenduz, kalkulatu D1 hausturan ez sartzeko R_1 erresistentziak har dezakeen mugako balioa.
- Aurreko R_1 balioa zer da: diodoa hausturan sartzeko balio maximoa ala minimoa? Arrazoitu erantzuna.
- $R_1 = 2,2 \text{ M}\Omega$ bada, kalkulatu diodoetako korronte eta tentsioak.
- Kommutagailua bigarren posiziora pasatu bada, kalkulatu R_1 erresistentziaren balioa D1 diodoa zeharkatzen duen korrontea $10 \mu\text{A}$ izateko.
- Kalkulatu aurreko ataleko diodoen polarizazio-puntua.

DATUAK:

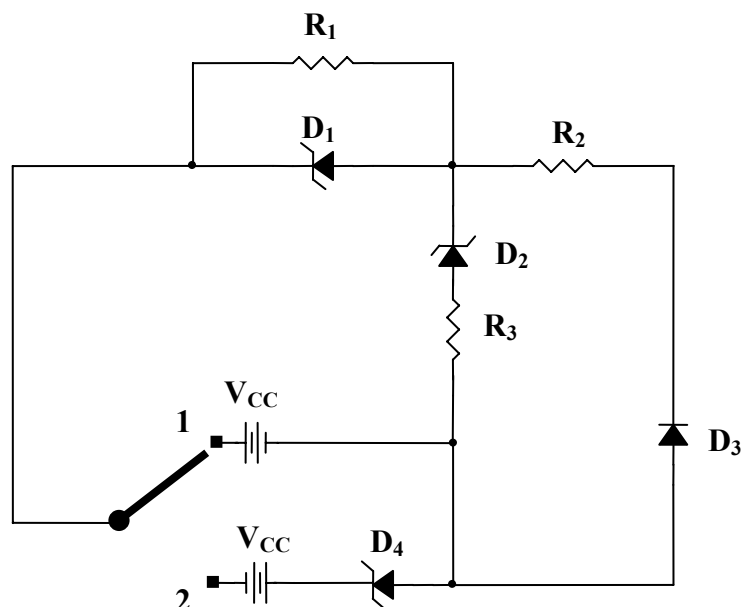
$$kT/q = 0,025 \text{ V}$$

$$V_{CC} = 12 \text{ V}$$

$$|V_Z| = 11 \text{ V}$$

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 5 \text{ k}\Omega$$



1. irudia

2004/2005

ikasturtea

Erdieroalezko lagin baten analisisia

Noiz: 2005eko iraila - **Atalak:** Erdieroalea

Uniformeki dopaturiko n motako erdieroalezko lagin baten $x = 0$ gainazalean $p'_n(0)$ minoritarioen soberakina kanpoko baliabideez mantentzen da. Erdieroalea, injekzio baxuan eta zirkuitu irekian dago eta, dakigunez, minoritarioen profila honako adierazpen honen bidez eman daiteke:

$$p'(x) = p'(0) \cdot \left(1 - \frac{x}{w}\right)$$

Erantzun honako galdera hauei:

- Lagina erregimen geldikorrean al dago? Zer esan daiteke bolumeneko birkonbinazioaz? Eta $x=w$ gainazalaz? (ARRAZOITU ERANTZUNAK).
- Kalkulatu eremu elektrikoaren balioa eta noranzkoa lagin osoan.
- Kalkulatu zirkuitu irekiko tentsioa.

DATUAK: $w = 2,5 \mu\text{m}$ $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$
 $p'_n(0) = 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ $\mu_p / \mu_n = 0,3$
 $kT / q = 0,025 \text{ V}$

Zirkuitu diododunak

Noiz: 2005eko iraila - **Atalak:** Diodoa

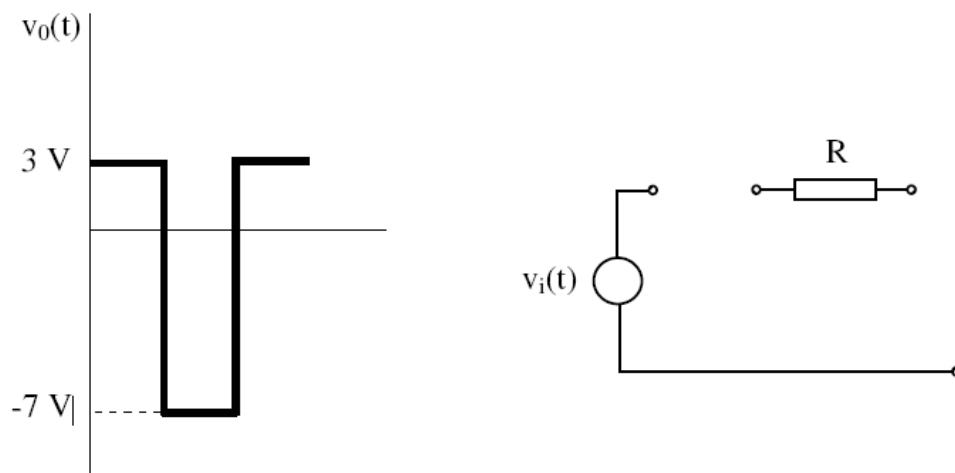
A) Diodoz osatuko den zirkuitu bat diseinatu nahi dugu ± 10 V-eko seinale karratu simetriko batetik abiatu 1. irudiko seinalea lortzeko.

Horretarako, 2. irudiko zirkuitua osatu behar da honako bi baldintza hauetan:

- 1) baldin eta ± 10 V-eko tentsioen artean erregula daitezkeen tentsio-iturri kopuru mugagabea badaukagu.
- 2) baldin eta bakarrik 3V-eko bateriak baditugu.

B) Diodoek 0,7 V-eko atariko tentsioa dutela kontsideratzen badugu, zer aldaketa egin behar ditugu A.1) atalean?

C) A.2) ataleko kasurako 10V-eko hausturako tentsioa duen Zener diodo bat bagenu, irteerako tentsioa (berdin-berdin) lortzea posible izango al litzateke?



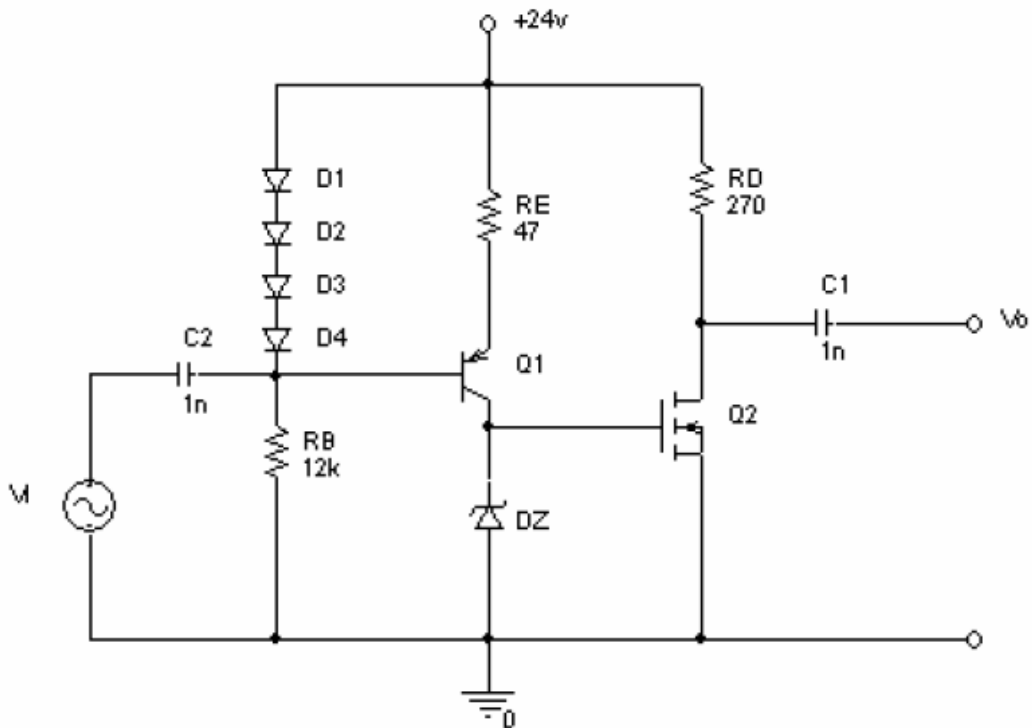
1. irudia

Zirkuitu amplifikatzailea bi transistorerekin

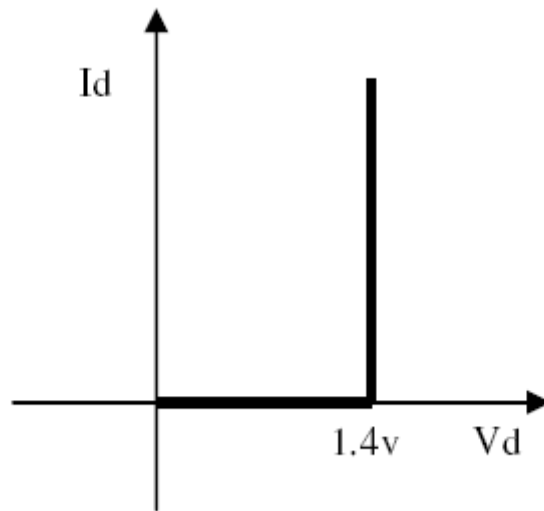
Noiz: 2005eko iraila - **Atalak:** Diodoa eta transistoreak

1. irudiko zirkuituan, diodo zuzentzaileak berdinak dira eta haien ezaugarri-kurba 2. irudian dago irudikatuta. Zener diodoaren kurba ezaugarria 3. irudian dago irudikatuta. Gainera, BJTak $\beta = 150$ eta $|V_{BE}| = 0,7V$ -eko ezaugarriak eta FETak $|I_{DSS}| = 10 \text{ mA}$ eta $|V_T| = 2,5$ ezaugarriak dituztela badakigu.

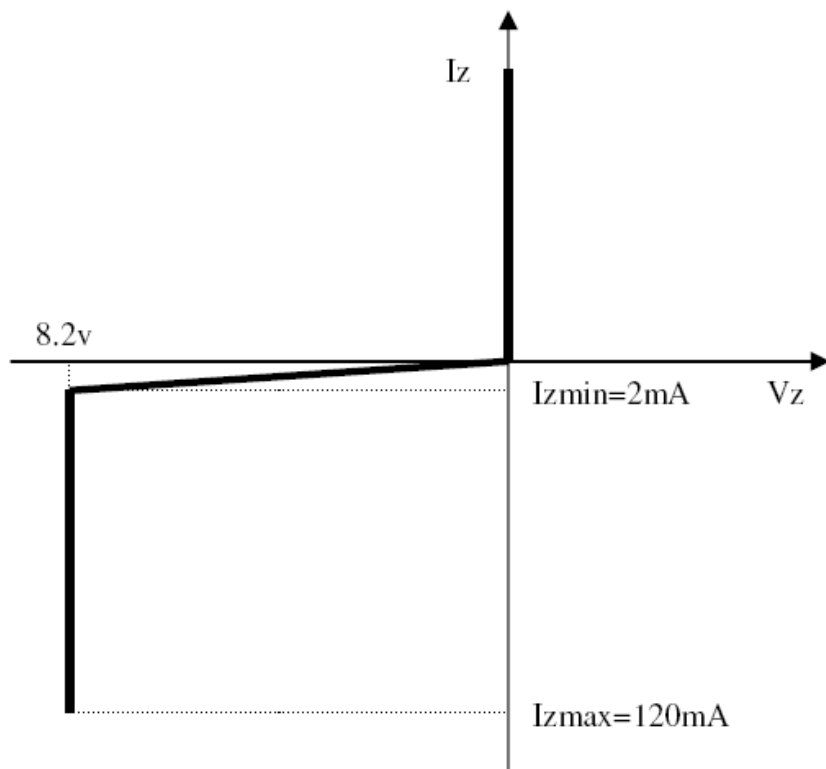
- Kalkulatu bi transistoreen lan-puntuak.
- Diodo artezle bakoitza = 1.660Ω -eko balioa duen erresistentzia batez eta Zener diodoa = $79,22 \Omega$ -eko balioa duen erresistentzia batez ordeztzen dira. Kalkulatu zirkuitu osoko tentsio-irabazia eta sarrerako eta irteerako inpedantziak.
- Marraztu FET transistorearen zuzen estatikoa eta dinamikoa.
- BJTak inongo distortsiorik sortzen ez duela onartuz, kalkulatu v_i sarrerako tentsioaren zein baliotatik aurrera agertuko zaigun distortsioa irteerako seinalean.



1. irudia



2. irudia



3. irudia

Igorle komuneko anplifikadorea

Noiz: 2005eko ekaina (2p) - **Atalak:** Transistore bipolarra

1. irudiko zirkuituan badakigu $I_C = 1 \text{ mA}$ dela. Kalkulatu:

a) V_{BE}

b) R_B

c) A_v, R_i, R_o .

d) Sarrera hauetako seinaleentzat, irudikatu irteerako seinalea eta adierazi balio esanguratsuenak:

- $V_i = 0,5 \text{ senwt (V)}$

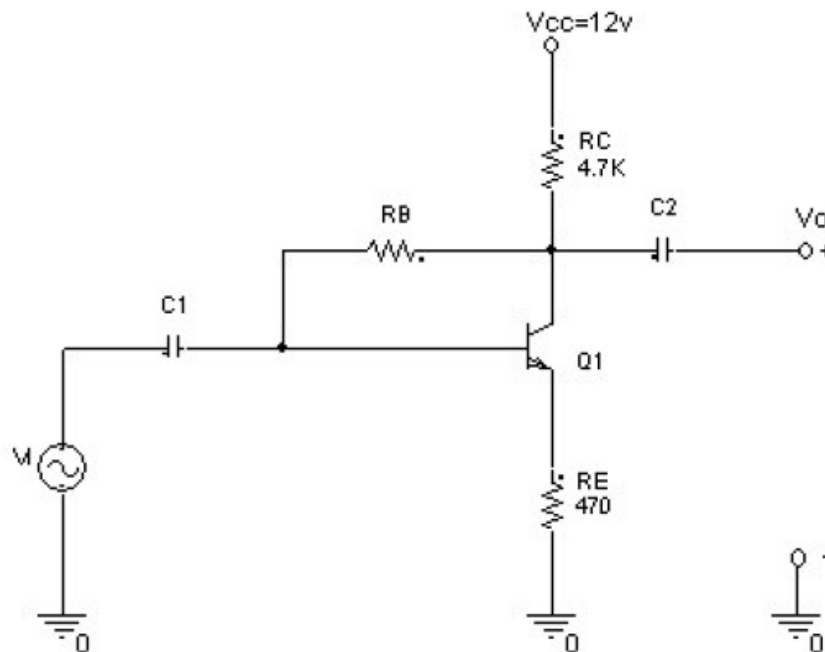
- $V_i = 1 \text{ senwt (V)}$

DATUAK:

$$I_{ES} = 6 \cdot 10^{-15} \text{ A}, I_{CS} = 1,8 \cdot 10^{-14} \text{ A}, \alpha_R = 0,3311, C = \infty$$

OHARRA:

c eta d ataletarako, hartu lan-puntu hau: $I_C = 1 \text{ mA}$. $I_B = 6,75 \text{ mA}$ $V_{CE} = 6,8 \text{ V}$



1. irudia

JFETen polarizazioa

Noiz: 2005eko ekaina (1p) - **Atalak:** Eremu-efektuko transistoreak

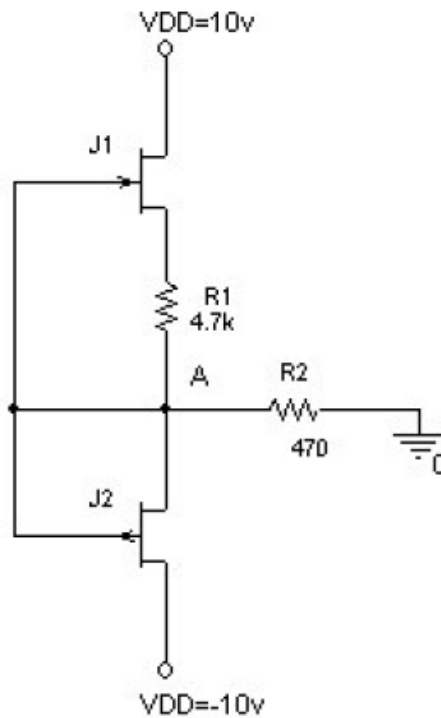
Irudiko zirkuituan, kalkulatu:

- A puntuko tentsioa. Justifikatu egindako hipotesiak.
- Balio berberak lor al daitezke, zirkuitu horretan JFET transistoreak parametro berberak dituzten urritze-MOSFETen bidez ordeztuz? Eta ugaritze-MOSFETen bidez ordeztuz? Arrazoitu erantzunak.

DATUAK:

J1: $|I_{DSS}| = 8,5 \text{ mA}$, $|V_T| = 2,5 \text{ V}$

J2: $|I_{DSS}| = 13 \text{ mA}$, $|V_T| = 2,5 \text{ V}$



1. irudia

Erdieroalezko lagin baten analisia

Noiz: 2005eko ekaina (1p) - **Atalak:** Diodoa eta transistoreak

$N_D = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ ezpurutasun-kontzentrazioa eta L luzera duen erdieroale homogeen bat dugu.

Erdieroale honek bi kontaktu ohmiko ditu bi ertzetan. Gainera, erregimen iraunkorren kontaktuetatik neurtuz $\varepsilon = 5 \text{ }\mu\text{m}$ zabalerako eskualdeak $G_L = 10^{18} \text{ e}^- \text{ h}^+ / \text{cm}^3 \times \text{s}$ sortzen dituen erradiazio batez argizatzea lortu da.

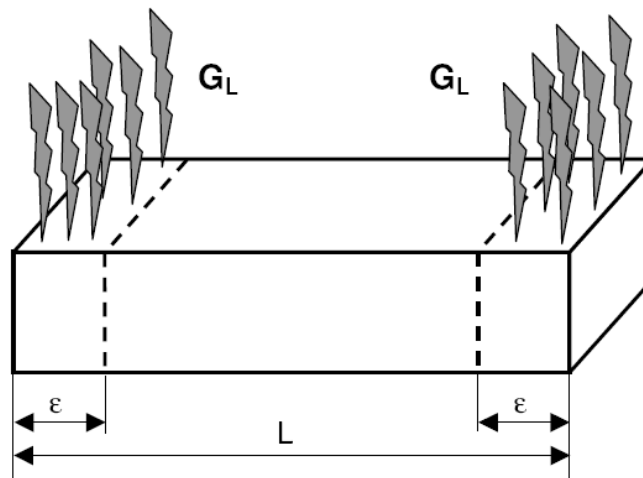
Erdieroalearen beste datu batzuk:

$$\mu_n = 1200 \text{ cm}^2 / \text{V} \times \text{s} \quad \mu_p = 400 \text{ cm}^2 / \text{V} \times \text{s} \quad kT = 0,025 \text{ eV}$$

$$n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3} \quad A = 10^{-4} \text{ cm}^2 \quad L = 0,1 \text{ cm}$$

$$\tau_p = 1 \text{ }\mu\text{s}$$

- Minoritarioen profilak lortu eta marraztu, balio esanguratsuenak adieraziz.
- Zelan aldatuko litzateke profila, argiztatu gabeko eskualdeko minoritarioen erdibizitza modu esanguratsu baten handituko balitz? Erantzuna arrazoitu eta profila balio esanguratsuenak adieraziz marraztu.



1. irudia

Zirkuitu diododunak eta ereduak

Noiz: 2005eko ekaina (1p) - **Atalak:** Diodoa eta transistoreak

PN junturako diodo bat zuzenean polarizatu dugu laborategian, eta haren I-V ezaugarriko bi puntu lortu ditugu:

A (700 mV, 2,87 mA)

B (800 mV, 5,9 mA).

Alderantzizko polarizazioan, aplikaturiko tentsioaren edozein baliotarako 0,1 mA-ko korrontea lortu dugu.

Lortu:

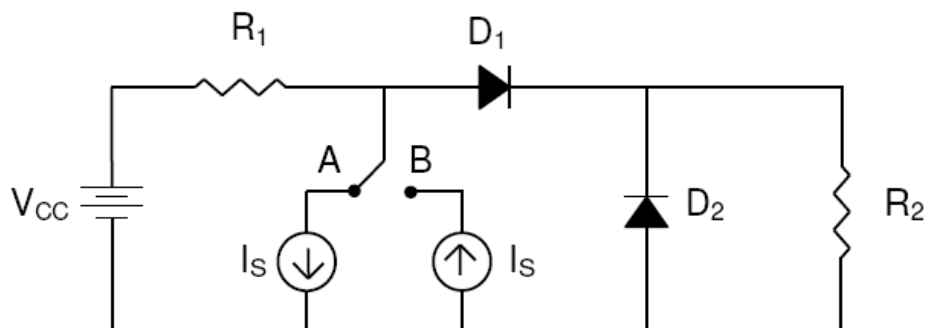
1) Neurturiko puntuei egokitzen zaien seinale handiko eredu parametro karakteristikoaren balioak adieraziz eta zirkuitu baliokidea marraztuz:

- Polarizazio zuzenean
- Alderantzizko polarizazioan

2) Diodoaren serieko erresistentziaren balioa. Horretarako, eskualde neutroetan erortzen den tentsioaren eragina bakarrik hartu kontuan. B puntuari dagozkion korronte- eta tentsio-balioak hartu.

3) Aurreko diodoaren berdinak diren bi diodo erabiliz, 1. irudiko zirkuitua muntatu da, $V_{CC} = 15\text{ V}$ $R_1 = 10\text{ K}$ $R_2 = 5\text{ K}$ $I_S = 5\text{ mA}$ izanik. Kommutagailua A edo B puntuetako batean egon daiteke. 1. puntuan lortutako ereduak erabiliz, kalkulatu:

- Kommutagailua A posizioan dagoenean, diodoen eroate-egoerak, korronteak eta tentsioak (polaritatea adieraziz)
- Kommutagailua B posizioan dagoenean.



1. irudia

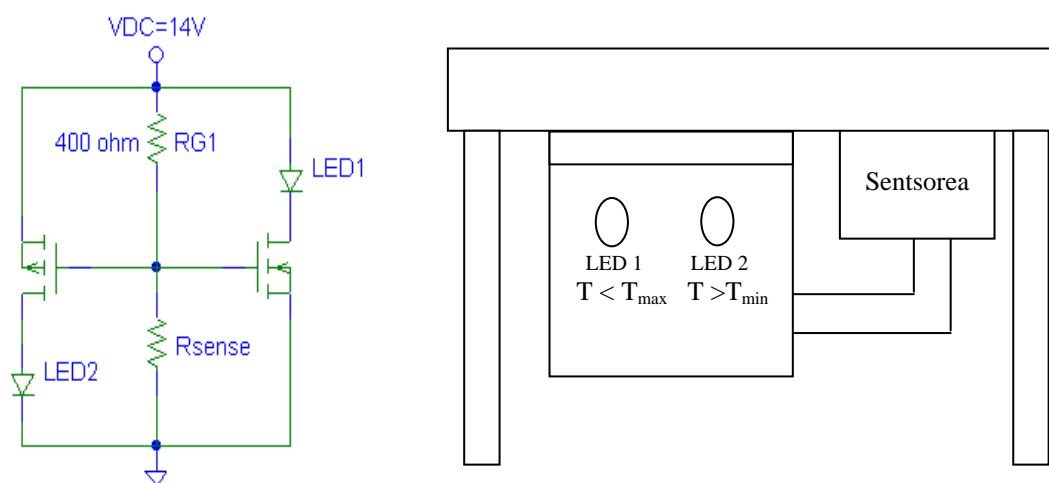
2003/2004

ikasturtea

Tenperatura detektatzeko sistema

Noiz: 2004ko iraila - **Atalak:** Erdieroalea, diodoa, eremu-efektuko transistoreak

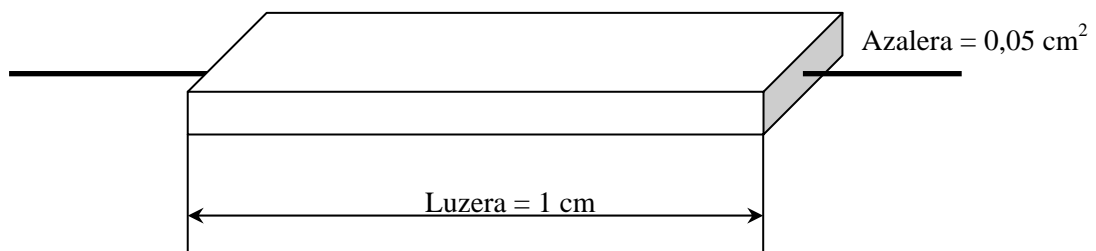
Tenperatura detektatzeko sistema bat diseinatu nahi dugu, gailu erdieroaleak erabiliz, barbakoa batean aplikatzeko. Horretarako, 1. irudiko eskemak erabiliko ditugu. R_{sense} erresistentzia-sentsorea izango da, eta diodoek (LED motakoak eta karatulan jarrita) grill delakoaren tenperaturaren egokitasuna adieraziko digute (biak piztuta daudenean).



1. irudia Eskema orokorra

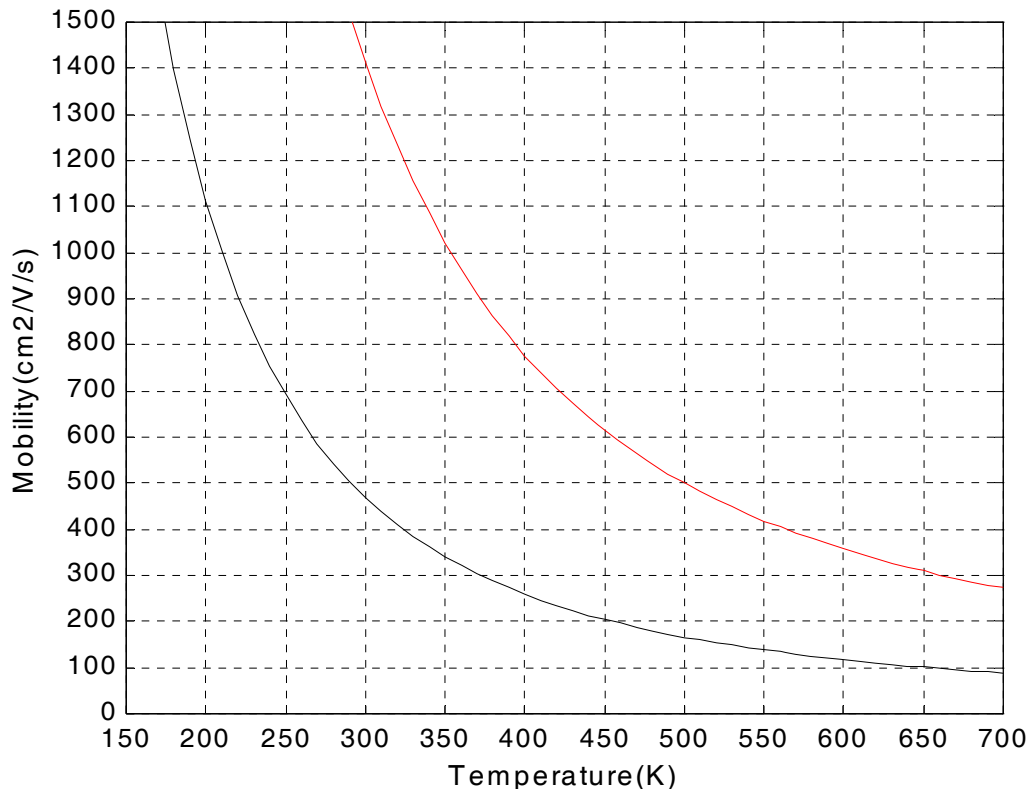
A atala: tenperatura-sentsorea

Zentimetro kubiko bakoitzeko 10^{13} ezpurutasun hartzailez dopaturiko siliziozko lagin bat da, eta 2. irudikoaren itxura du.



2. irudia. Tenperatura-sentsorea

- Kalkulatu, 4. irudia erabiliz, lagineko eramaileen kontzentrazioa giro-temperaturan eta 100, 250 eta 350 °C-an. Nolako portaera du laginak temperatura horietan?
- Aurreko ataleko emaitzak eta 3. irudia erabilita, kalkulatu laginaren erresistentzia esandako temperaturetan. Adierazi grafikoki menpekotasun hori.



3. Irudia. Hutsuneen eta elektroien mugikortasunen menpekotasuna (adierazitako laginean)

B atala: LED diodoak (2 puntu)

Galio arseniurozko (GaAs, ikus 4. irudia) pn^+ diodo asimetrikoak erabiliko ditugu. Diodoak berdin-berdinak dira, eta giro-temperaturan mantenduko dira beti. Anodoari buruzko daturik interesgarrienak honako hauek dira:

$$W_{\text{anodo}} = 1 \text{ mm}, N_{\text{anodo}} = 10^{17} \text{ cm}^{-3}, D_n = 80 \text{ cm}^2/\text{s}, \tau_n = 0,01 \text{ } \mu\text{s}, \text{Azalera} = 0,01 \text{ cm}^2$$

- Frogatu diodoen asetasun-korrontearen dentsitatea $5.72 \cdot 10^{-19} \text{ A/cm}^2$ dela.
- 1 eta 10 mA arteko korrontea eroatea espero badugu, zenbat da (gutxi gorabehera) diodoen atariko tentsioa?
- Zer deritzezu balio horiei (siliziozko diodoekin konparatuta)?

C atala: 1. irudiko zirkuitua (2 puntu)

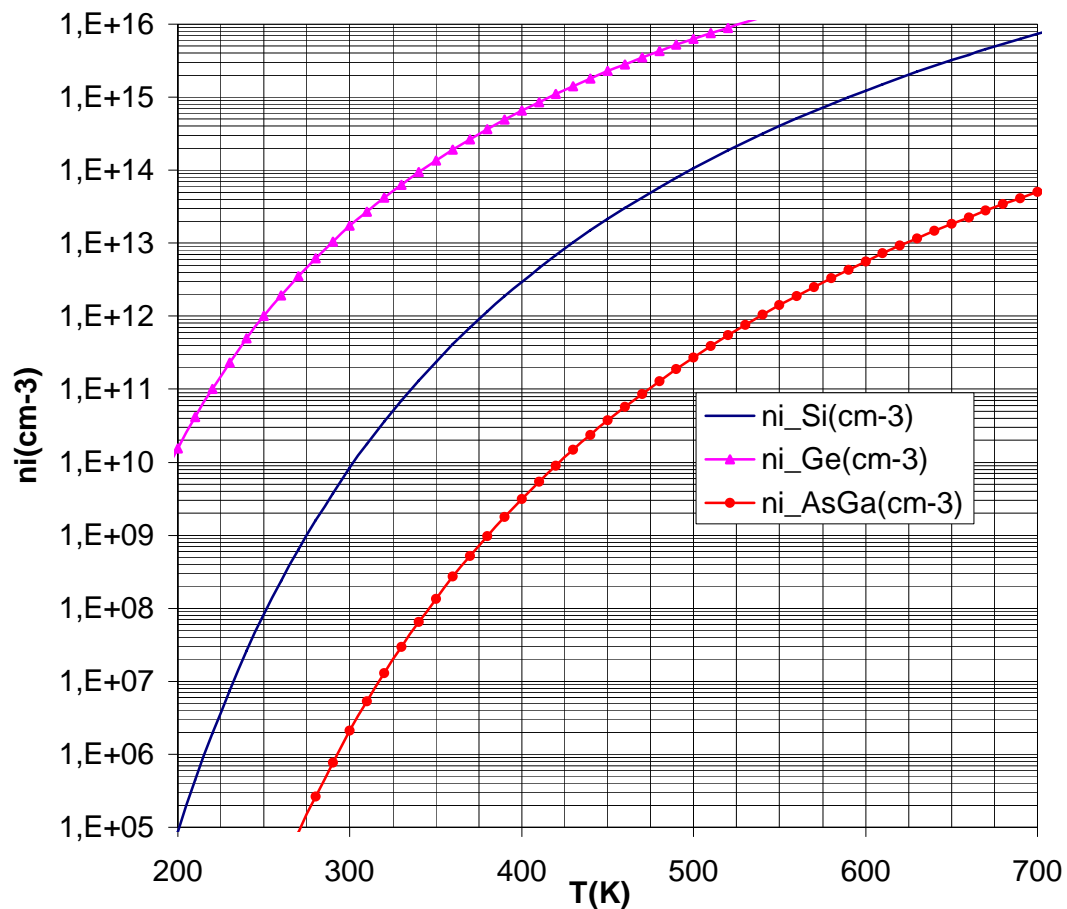
Zirkuituan erabilitako MOSFET transistoreen datuak hauek dira:

$$|I_{DSS}| = 10 \text{ mA} \qquad |V_T| = 4 \text{ V}$$

R_{sense} erresistentzia A) atalean analizatu den temperatura-sentsorea da. Lehenengo atalean lortu diren balioak alde batera utziz, taula honetan ematen diren balioez modelatuko dugu:

T (°C)	25	250	300	350	400
R_{sense}	25 k Ω	1 k Ω	400 Ω	160 Ω	50 Ω

- a) Esan zer MOSFET mota erabili diren eta marraztu haien asetasuneko ezaugarri-kurba.
- b) Azaldu zer egoeratan dauden LED diodoak eta MOSFET transistoreak, eta kalkulatu zirkuituko tentsio eta korrronteak (taulan adierazitako temperaturetan).
- c) Noiz botako zenuke okela barbakoara?



4. irudia. Material erdieorale batzuen berezko kontzentrazioa

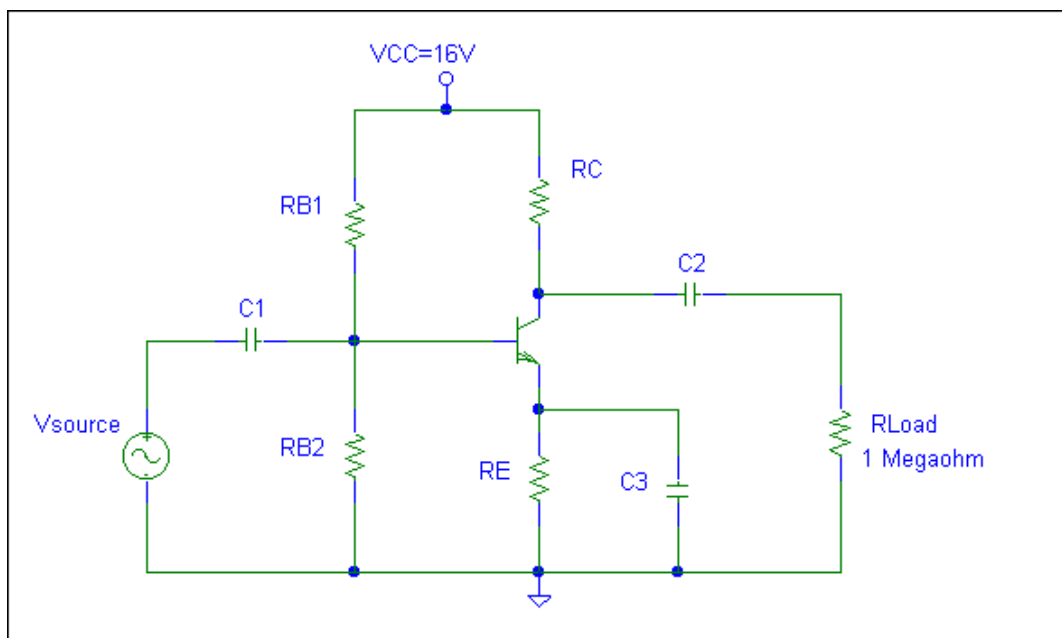
Igorle komuneko amplifikadorea

Noiz: 2004ko iraila - **Atalak:** Transistore bipolarrrak

1. irudiko zirkuitu amplifikatzailea diseinatu behar dugu zenbait baldintza bete daitezzen. Horrela, irteerako inpedantzia $5\text{ k}\Omega$ eta sarrerakoa $2\text{ k}\Omega$ izatea ziurtatuko dugu. Gainera, kolektoreko korrontea $1,5\text{ mA}$ eta tarte dinamikoa maximoa izatea lortu nahi dugu. Horretarako erabiliko den transistore bipolarrraren parametroak hauek dira:

$$V_{BE} = 0,7\text{ V} \quad h_{fe} = 200 \quad h_{ie} = 2,5\text{ k}\Omega$$

- Kalkulatu ($R_{LOAD} = 1\text{ M}\Omega$ izanda) erabili behar diren erresistentzien balioak.
- Kalkulatu zirkuitu amplifikatzailearen tentsio-irabazia.
- Zenbat da distorsiorik gabe amplifika dezakegun sarrerako seinalerik handiena?
- Transistorea aldatzen badugu, eta BJT_2 transistore berriaren $h_{fe} = 100$ bada, zein da lan-puntu berria? Zer ondorio ateratzen duzu? Zergatik?
- Zer gertatuko litzateke C_3 kondentsadorea kenduko bagenu? Lehenengo transistorea erabiliz, zenbat izango litzateke tentsio-irabazia? Zer portaera izango luke irabaziak transistore-aldaketen aurrean (adibidez, BJT_2 transistorea erabiliko bagenu)?



1. irudia. Zirkuitu amplifikatzailea

Transistore bipolarren polarizazioa

Noiz: 2004ko ekaina (2p) - **Atalak:** Transistore bipolarrak

Irudian agertzen den zirkuituko 10 k Ω -eko potentziometroa ($R_{B1}+R_{B2} = 10$ k Ω) bi esperimentu egiteko erabiltzen da:

1. $R_{B1} = 0$ balioan behartuz, $I_E = -9,45$ mA neurtu dugu.
2. $R_{B2} = 0$ balioarekin, aldiz, $I_E = -2,61$ pA eta $I_C = 10,44$ pA lortu dira.

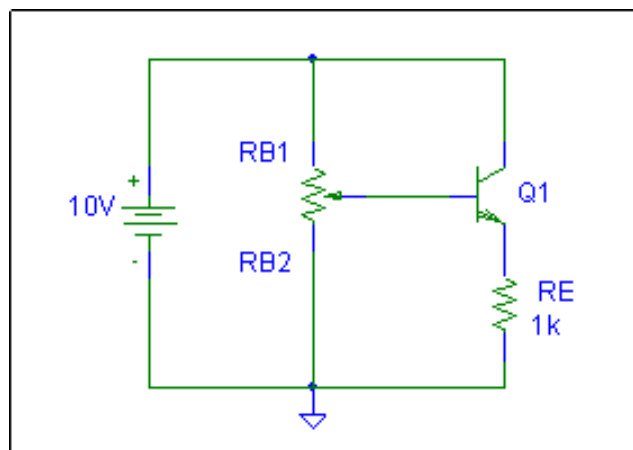
$V_T = 25$ mV hartuz:

a) Kalkulatu transistorea ezaugarritzen duten parametroak.

a) atala ez bada ebatzi, hartu $\beta = 100$, $|I_{ES}| = 3$ pA eta $|I_{C0}| = 5$ pA hurrengo atalak egiteko.

b) $R_{B1} = 8$ k Ω eta $R_{B2} = 2$ k Ω balioetan doituta, kalkulatu (gutxi gorabehera eta $V_{BE} = 0,5$ V hartuz) I_B eta I_C korronteak.

c) Kalkulatu, orain zehatz-mehatz, I_B eta V_{BE} -ren balioak. Horretarako, lortu V_{BE} -ren mendekoa baino ez den ekuazio bat.



1. irudia

Igorle komuneko anplifikadorea

Noiz: 2004ko ekaina (2p) - **Atalak:** Transistore bipolarrak

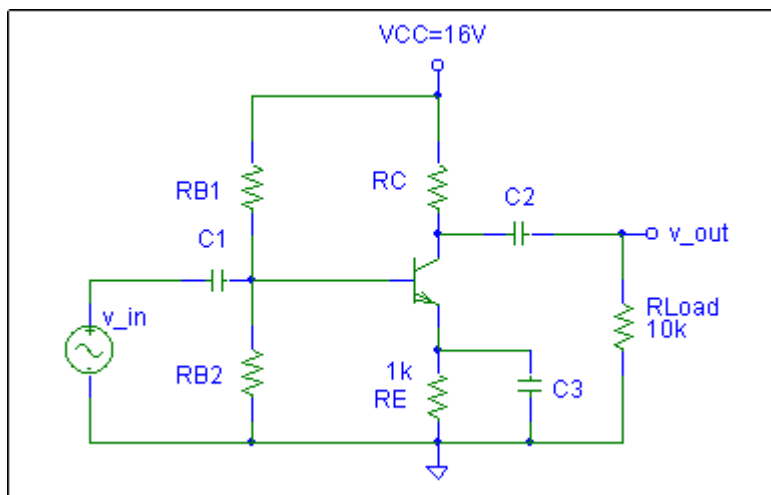
Irudiko BJTak honako parametro hauek ditu (maiztasun baxuetan eta zirkuituan erabilitako polarizazio-puntuaren antzeko batean):

$$h_{ie} = 1\text{k}25$$

$$h_{fe} = 50$$

$V_T = 25\text{ mV}$ eta $V_{BE} = 575\text{ mV}$ hartuz:

- Kalkulatu R_C , R_{B1} eta R_{B2} erresistentzien balioak hiru ezaugarri hauek batera lortzeko: $10\text{ k}\Omega$ -eko irteerako inpedantzia, $625\ \Omega$ -eko sarrerako inpedantzia eta tarte dinamiko maximoa.
- Kalkulatu zirkuituak ematen duen tentsio-irabazia.
- Marraztu, grafiko bakar batean, irteerako eta sarrerako seinaleak, baldin eta kitzikapena 100 mV -eko anplitudea eta 100 Hz -eko maiztasuna dituen sinusoidea bada. Adierazi, grafiko horretan, baliorik eta egoerarik esanguratsuenak.



1. irudia. Anplifikadorea (BJTa erabiliz)

Iturri komuneko anplifikadorea

Noiz: 2004ko ekaina (2p) - **Atalak:** Eremu-efektuko transistoreak

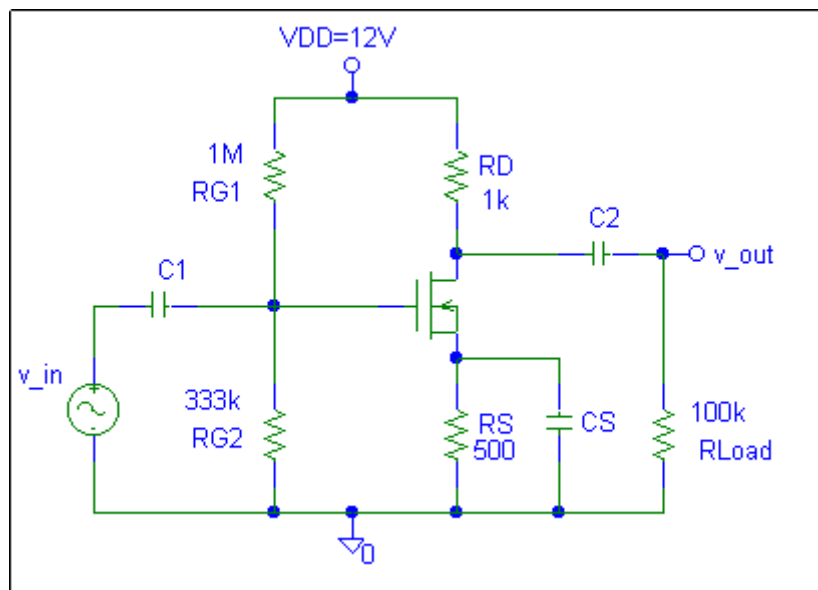
Irudiko muntaian agertzen den FETaren parametroak honako hauek dira:

$$|V_T| = 1 \text{ V}$$

$$|I_{DSS}| = 1 \text{ mA}$$

Horiek jakinda:

- Kalkulatu lan-puntua, eta egiaztatu egin beharreko hipotesiak.
- Lortu zirkuitu anplifikatzailearen tentsio-irabazia.
- Zein da C_1 , C_2 eta C_s kondentsadoreen betebeharra?
- Erabilitako polarizazio-zirkuitua, baliagarria al da FET mota guztientzat? Hau da: parametro berdin-berdinak dituzten metaketazko nMOS, hustuketazko nMOS eta n pasabideko JFET transistoreak erabil daitezke? Arrazoitu erantzuna.



1. irudia. Anplifikadorea (FETa erabiliz)

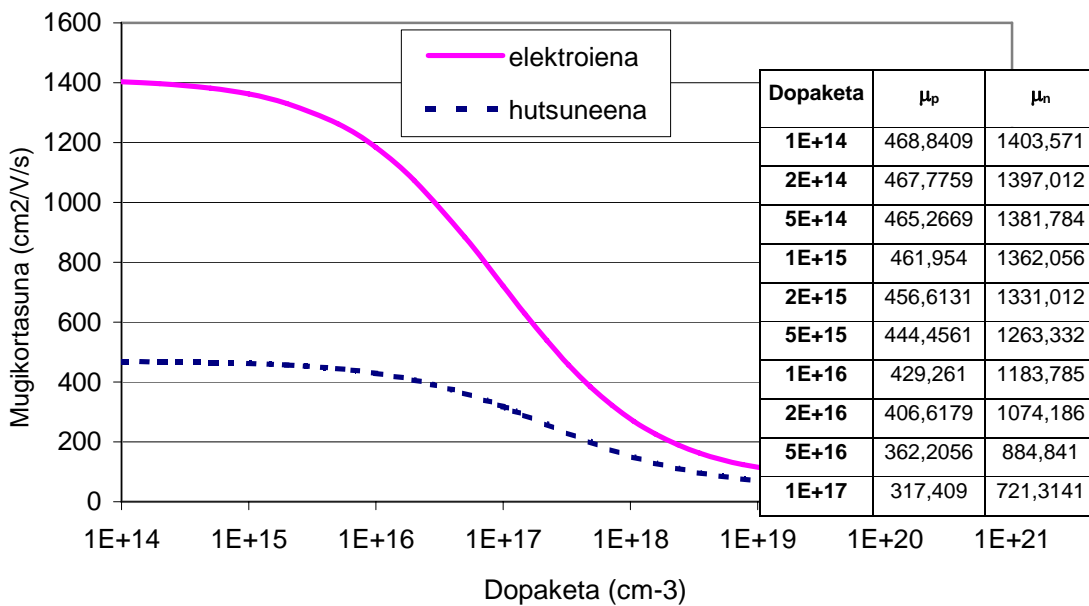
Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisia

Noiz: 2004ko ekaina (1p) - Atalak: Erdieroalea

Badugu $N_A=10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ezpurutasun hartzailez dopaturiko siliziozko lagin bat, giro-tenperaturan. Lagina guztiz uniformea da Y eta Z ardatzetan (sekzioa, $A = 10^{-4} \text{ cm}^2$ da) eta, X ardatzari dagokionez, $w = 100 \text{ }\mu\text{m}$ luze da. Eskuineko gainazala ($x = w$) S_0 birkonbinazio-abiaduraren bidez modelatzen bada ere, ezkerrekoa ($x = 0$) guztiz pasibatuta dago.

Laginarene ezkerreko ertza ($x = 0$) uhin-luzera laburreko argi batez irradiatzen da, eta horrek $G_S = 10^{14} \text{ e}^-/\text{h}^+ \text{ pare} / \text{cm}^2\cdot\text{s}$ balioko gainazaleko birkonbinazioa dakar. Dakigunez, elektroien erdibizitza 1 ms da.

a) Kalkulatu, 1. irudia erabiliz, zenbat den laginarene ilunpeko erresistibitatea.



1. irudia. Eramailen mugikortasuna silizioan, giro-tenperaturan

b) Frogatu, normalean, minoritarioen soberakinak honako formula honi jarraitzen diola:

$$n'(x) = G_S \left[\frac{w-x}{D_n} + \frac{1}{S_0} \right] \quad \text{Ek. 1}$$

injekzio baxuan bagaude.

c) Kalkulatu lagineko birkonbinazio osoa eta kuantifikatu bolumeneko eta gainazaleko birkonbinazioen arteko erlazioa honako kasu hauetan:

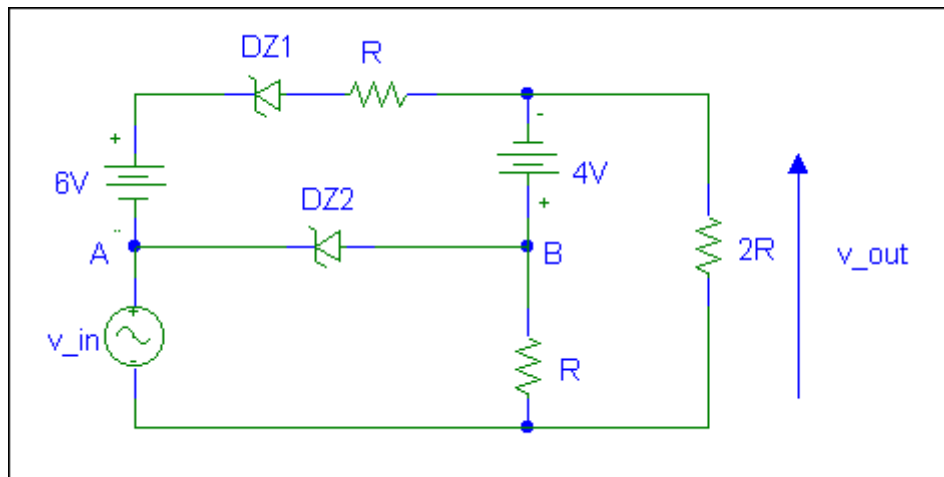
$$S_0 = \infty \text{ cm / s} \quad S_0 = 5 \cdot 10^4 \text{ cm / s} \quad \text{eta} \quad S_0 = 10 \text{ cm / s}.$$

d) Aurreko ataleko emaitza ikusita, lehenengo ekuazioa ez da baliagarria S_0 guztietarako. Zure ustez, zenbat da Ek.1 ekuazioa erabili ahal izateko mugako S_0 ?

Zirkuitu diododunak

Noiz: 2004ko ekaina (1p) - Atalak: Diodoa

1. irudiko diodo zenerrak idealak direla eta 4 V-eko hausturako tentsioa dutela jakinda, kalkulatu zirkuituaren transferentzia-kurba. Adierazi diodo bakoitzaren (eroapeneko) egoera.



1. irudia

Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisia

Noiz: 2004ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea

Badugu, giro-temperaturan eta oreka termodinamikoan, 100 μm lodi den siliziozko olata bat. Laginak 100 cm^2 -ko azalera du, eta zentimetro kubiko bakoitzeko 10^{15} ezpurutasun emalez dopatu dugu.

Haren aurreko gainazala ($x = 0$) guztiz pasibatuta dago, baina atzekoa ($x = w$), metaldurik dagoenez, kontaktu ohmiko baten ezaugarriak ditu. Elektroien eta hutsuneen erdibizitzak honako hauek dira: $\tau_n = 10 \mu\text{s}$ eta $\tau_p = 1000 \mu\text{s}$.

a) Kalkulatu, 1. irudia erabiliz, laginaren erresistibitatea eta elektroien mugikortasuna; hots, ρ eta μ_n .

b) Lortu, gutxi gorabehera, hutsuneen barreiapen-koefizientea.

Lagina irradiatzen dugu, aurreko gainazaletik eta uhin-luzera luzeko argiaz, eta horrek eramaileak sortzen ditu modu ez-uniformean. Sorrera honako formula honek adieraz dezake:

$$G(x) = G_0 [1 - 60 \cdot x] \quad (\text{non } G_0 = 10^{17} \text{ pare}\cdot\text{cm}^{-3}/\text{s} \text{ baita, eta "x" cm-tan baitator})$$

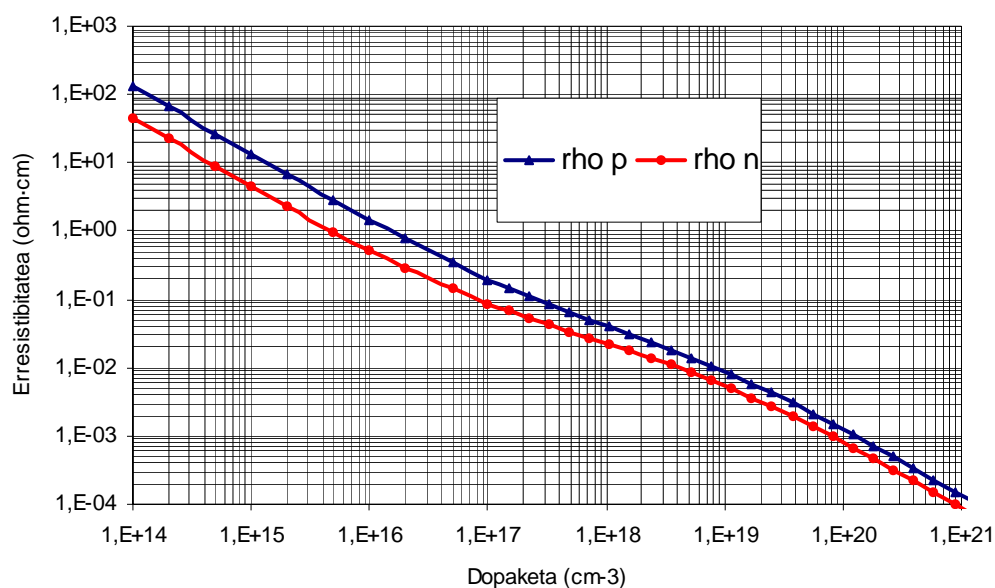
c) Argiztatzen hasi garenetik denbora luzea pasatu dela jakinda, frogatu minoritarioen soberakinaren formula hau dela:

$$p'(x) = G_0/D_p \cdot [w^2/2 - 10 \cdot w^3 - x^2/2 + 10 \cdot x^3]$$

d) Kalkulatu eta marraztu eramaile-fluxua (laginaren puntu guztietan)

e) Zenbat da, guztira, laginean dugun sorrera?

f) Eta birkonbinazioa? Zenbat pare (%etan) birkonbinatzen dira bolumenean?

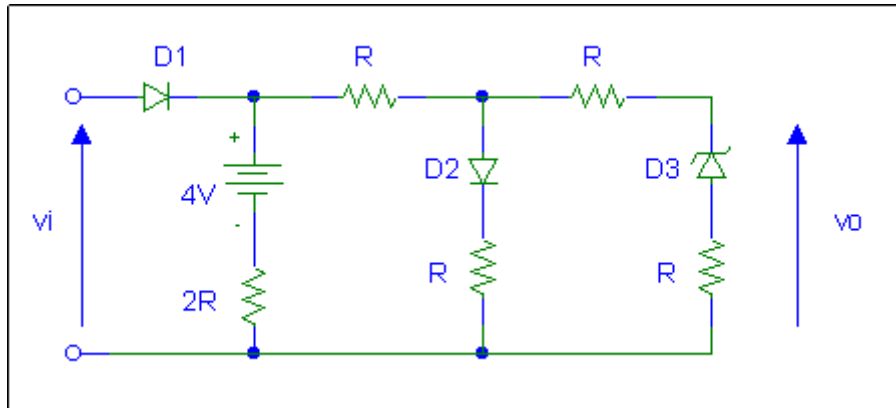


1. irudia. Erresistibitatearen eta dopaketaren arteko erlazioa

Zirkuitu diododunak

Noiz: 2004ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Diodoa

Irudiko zirkuituan erabili diren diodoak idealak dira (Zener diodoaren hausturako tentsioa $V_z = 4\text{ V}$ da).



1. irudia. Bigarren ariketan analizatzen den zirkuitua

- Zirkuituaren transferentzia-kurba lortu eta marraztu.
- Irudikatu irteerako seinalea, baldin eta sarrerakoa 20 V-eko anplitudea eta 10 Hz-eko maiztasuna dituen tentsio sinusoidal bat bada.
- Eta maiztasuna 100 MHz izango balitz, zer gertatuko litzateke?

PN junturako diodo baten analisia eta polarizazioa

Noiz: 2004ko otsaila (lehenengo partziala) - Atalak: Erdieroalea

Siliziozko diodo bat dugu, ezaugarri hauek dituena:

ANODOA

$$N_A = 1 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$$

$$\mu_n = 1200 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$$

$$L_n = 500 \text{ }\mu\text{m}$$

$$W_a = 20 \text{ }\mu\text{m}$$

KATODOA

$$N_D = 1 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$\mu_p = 400 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$$

$$L_p = 1 \text{ }\mu\text{m}$$

$$W_k = 20 \text{ }\mu\text{m}$$

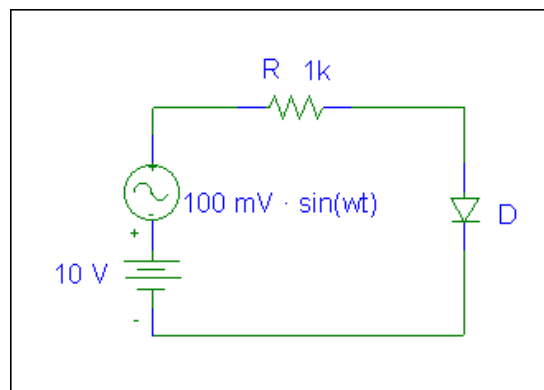
Badakigu, halaber, haren azalera $A = 1 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2$ dela eta kontaktuak ohmikoak direla.

Beste datu batzuk hauek dira: $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$; $\epsilon_0 = 8,85 \text{ pF/m}$ eta $\epsilon_{rSi} = 11,8$; $T = 300 \text{ K}$.

Lehendabizi, diodoaren parametro nagusi batzuk jakin nahi ditugu:

- ϕ_T , potentzial termodinamikoa
- I_{sat} , aresetasun-korrontea
- Orekako junturako kondentsadorea den C_{J0}

Orain, diodoa, 1. irudiko zirkuituan erabili behar dugu, eta badakigu bertan aplikatzen den seinale alferno sinusoidalaren maiztasuna 1 kHz dela. Eskualde neutroen erresistentzia ez da aintzat hartuko.



1. irudia. Azaldutako diodoarekin muntatu den zirkuitua

- d) Kalkulatu diodoa zeharkatzen duen batez besteko korronea eta beraren terminalen artean agertzen den tentsio zuzena.
- e) Irudikatu seinale txikiko zirkuitua eta kalkulatu (balizko kondentsadoreen efektuak aintzat hartu gabe) diodoan agertuko den tentsioa.
- f) Zenbat da, batez beste, diodoaren eskualde neutroetan metatutako minoritarioen karga? Eta kargaren bidezko kontrol-ereduan erabiltzen den erdibizitza baliokidea? Zenbat da, hortaz, dagokion kapazitatea? Baztergarria al da?

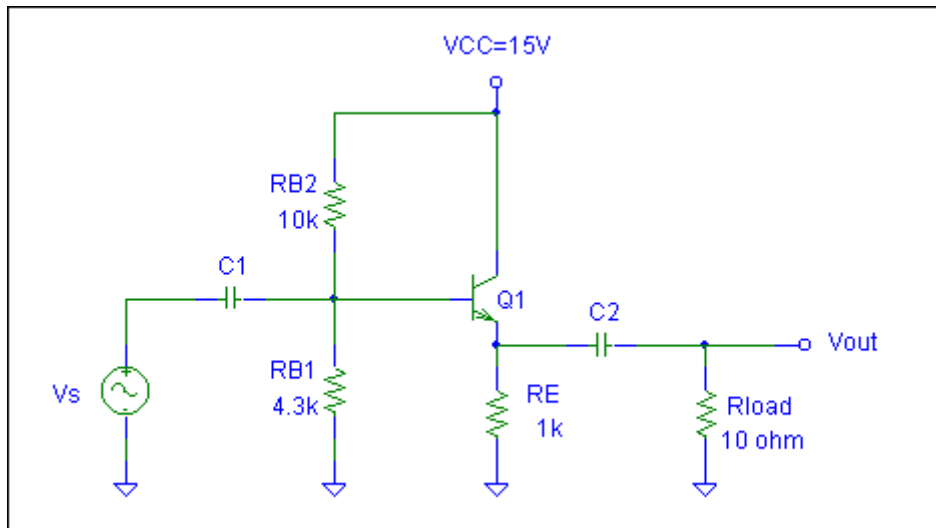
2002/2003

ikasturtea

Kolektore komuneko amplifikadorea

Noiz: 2003ko iraila - **Atalak:** Transistore bipolarra

1. irudiko zirkuitu amplifikatzailean agertzen den BJTaren β esperimentalki neurtu dugu: $\beta = 160$. Dakigunez, haren $V_{BE} = 0,6$ V izaten da.



1. irudia. BJTa erabiliz muntatu den zirkuitu amplifikatzailea ($C_1 \sim \infty$)

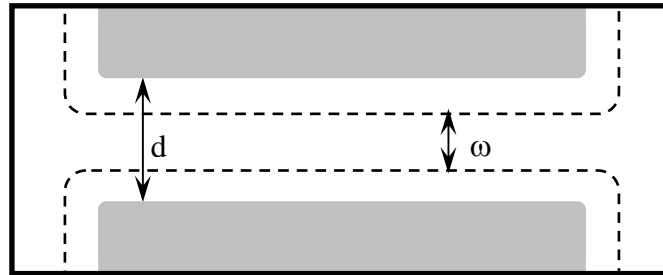
- Kalkulatu zirkuituan ditugun polarizazio-korronteak.
- β % 20 igotzen bada, zenbat aldatuko lirateke base eta kolektoreko korronteak? Aurreko emaitzetatik, zer ondorioztatzen duzu?
- Marrastu seinale txikiko zirkuitua eta kalkula zirkuituaren tentsio- eta korronte-irabaziak.
- Kalkulatu zirkuitu honen sarrerako eta irteerako inpedantziak.
- b, c eta d atalei emandako erantzunak kontuan hartuz, zirkuitu honi dagokionez, zer ezaugarri eta aplikazio azpimarratuko zenituzke?

JFETen egitura eta erabilera zirkuitu anplifikatzaileetan

Noiz: 2003ko iraila - **Atalak:** Ereku-efektuko transistoreak

N pasabideko JFET baten oinarrizko ezaugarriak eta portaera (zirkuitu anplifikatzaileetan) analizatu nahi ditugu.

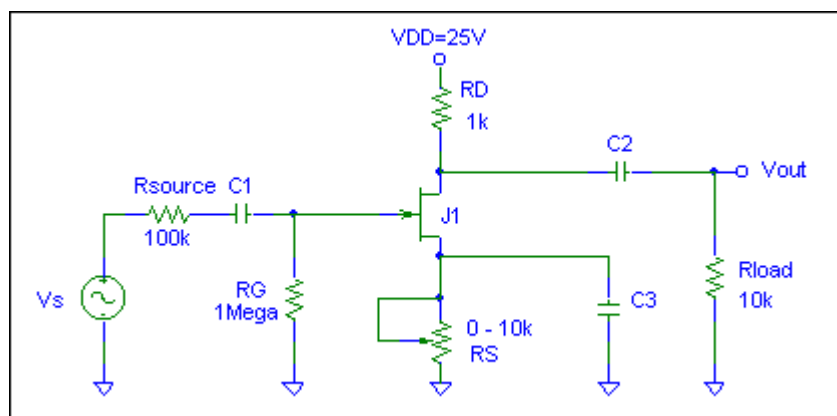
Transistore honetan erabilitako dopaketak $N_A = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ eta $N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dira.



1.Irudia. JFETaren egitura

- Kalkulatu ateko junturetako potentzial termodinamikoa (ϕ_T).
2. irudian ikusten denez, d juntura metalurgikoen arteko distantzia da, eta ateko tentsioaren funtzioa den *kanalaren zabalera* w letraz adierazi dugu. Gailuaren atariko tentsioa 3 volt bada (balio absolutuan), zenbat da d ?

Aurreko FETa erabiliz, 2. irudiko muntaia egin dugu.



2.Irudia. Bigarren ariketako zirkuitu anplifikatzailea ($C_1 \sim \infty$)

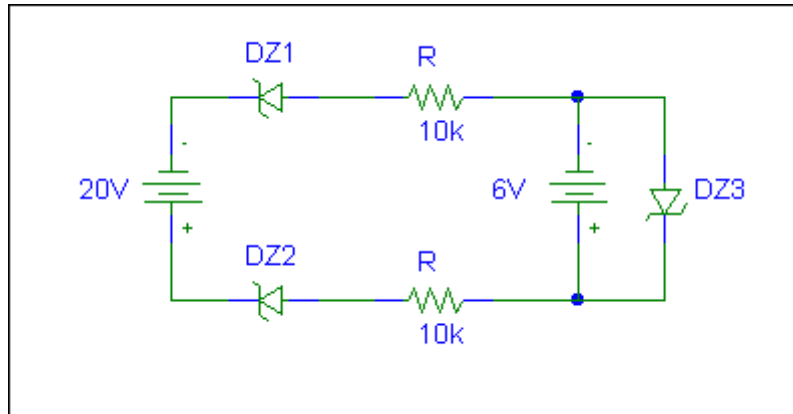
- c) R_S potentziometroa $0 \text{ k}\Omega$ -eko balioan doitzuz, draineko korronea 12 mA izan dela jakinez, kalkulatu I_{DSS} , JFETaren asetahun-korronea.
- d) Orain, R_S potentziometroa $0,5 \text{ k}\Omega$ -eko posizioan doitzen dugu. Kalkulatu gailuaren polarizazio-puntua.
- e) Kalkulatu zirkuituaren tentsio-irabazia eta sarrerako eta irteerako inpedantziak. BJT batez muntatutako antzeko zirkuitu batekin erkatuz gero, zertan datza JFETa darabilen zirkuituaren abantaila?

Datuak: $kT/q = 25,9 \text{ mV}$ $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-14} \text{ F/cm}$ $\epsilon_{rSi} = 11,8$ $n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$

Zirkuitu diododunak

Noiz: 2003ko iraila - **Atalak:** Diodoa

Irudiko zirkuituko Zener guztiak berdin-berdinak dira, eta haien hausturako tentsioa $V_Z = 8 \text{ V}$ da.



1. irudia

Datuak:

Anodoa: $N_A = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ $D_n = 50 \text{ cm}^2/\text{s}$ $\tau_n = 50 \text{ }\mu\text{s}$

Katodoa: $N_D = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$

$A = 10^{-2} \text{ cm}^2$ $W_A = W_K = 50 \text{ }\mu\text{m}$

$n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ $kT/q = 25 \text{ mV}$ $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-14} \text{ F/cm}$ $\epsilon_{rSi} = 11,8$

- Kontaktuak ohmikoak direla onartuz, kalkulatu diodoen asetasunezko korrontea.
- Zein da diodo bakoitzaren egoera? Arrazoitu erantzuna. Kalkulatu hiru diodoetan agertzen diren korronte eta tentsioak.

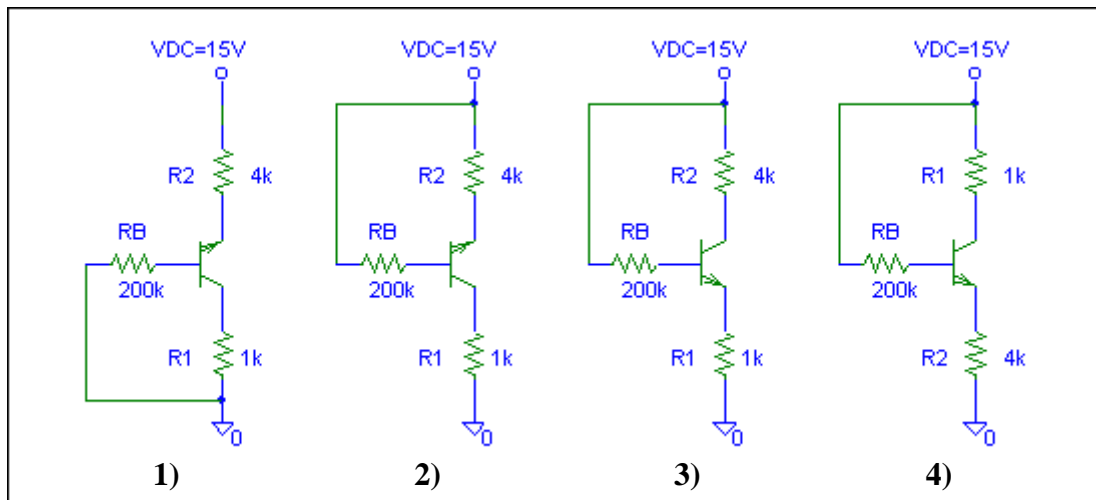
DZ1 diodoari dagokionez:

- Zenbat da haren junturan agertzen den ϕ potentzial osoa?
- Irudikatu (kualitatiboki eta oreka termodinamikotik gertatu diren aldaketak adieraziz) hustutako eskualdean dauden karga-dentsitatea, $\rho(x)$, eta eremu elektrikoa, $\epsilon(x)$.

Transistore bipolarren polarizazioa

Noiz: 2003ko ekaina (2p) - **Atalak:** Transistore bipolarra

Npn transistore bat aktiboan polarizatzen saiatzean, terminalen banaketa ez genekienez, 1. irudiko lau muntaiak prestatu ditugu. Horrek funtzionamendua hobeto ulertzen lagundu digu. Espezifikazioetako datu-orrietatik eskuratu dugun parametro bakarra $\beta = 100$ balioa izan da. Gainera, neurketekin hasi baino lehen, baseko terminala zein den jakin ahal izan dugu.



1. irudia. Laborategian egindako muntaiak.

Egin beharrekoak:

- Azaldu, hitz gutxitan, zeintzuk izan ote diren laborategian egindako arrazoiketak lehenengo irudiko laugarren muntaiara heldu arteko ibilbideari jarraitzeko. Esan zein lan-eskualdetan dagoen transistorea kasu bakoitzean.
- Ebatzi, gutxi gorabehera, 1, 3 eta 4 muntaiak.
- Bigarren muntaietan neurketa hauek hartu ditugu: $I_B = 71 \mu\text{A}$ eta $I_C = -300 \mu\text{A}$. Kalkulatu transistorearen ezaugarri-parametroak.

Igorle komuneko amplifikadorea

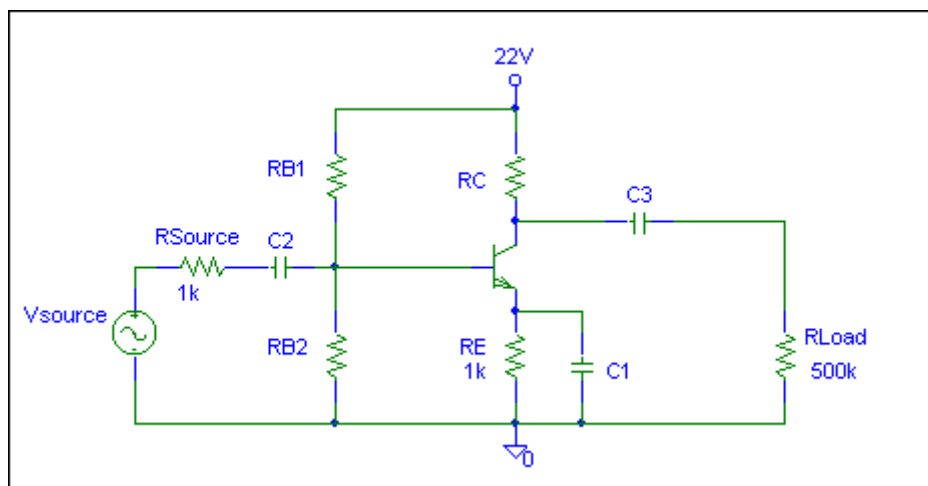
Noiz: 2003ko ekaina (2p) - **Atalak:** Transistore bipolarra

Maiztasun baxuetan lan egingo duen 1 Irudiko zirkuituak temperatura- eta transistore-aldaketen aurrean lan-puntu egonkorra ziurtatzen du. Gainera, dakigunez,

$$R_{B1} = 10 \cdot R_{B2}, \quad R_E = 1 \text{ K}\Omega \quad V_{BE} = 0,5 \text{ V}$$

eta erabilitako transistorearen parametroak hauek dira:

$$h_{fe} = 150, h_{ie} = 2\text{K}5 \text{ (} h_{oe} \text{ eta } h_{re} \text{ baztergarriak dira).}$$



2. irudia. Zirkuitu amplifikatzailea

Egin beharrekoak:

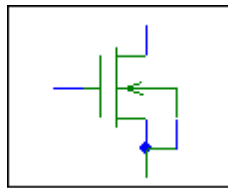
- Kalkulatu polarizazio-korronteen balioak.
- Zein da, orduan, R_{B1} , R_{B2} eta R_C erresistentzien balioen tarte posiblea?
- Tarte dinamikorik zabalena lortu nahi badugu, zenbatean doitu behar dugu R_C ? ($R_L \sim \infty \gg R_C$ hartu).
- Sarrerako inpedantzia $2 \text{ K}\Omega$ izatea bahi badugu, zenbat balio behar dute R_{B1} eta R_{B2} erresistentziak?
- Kalkulatu 2. irudian agertzen den eskemaren irabazi osoa eta irteerako inpedantzia (c eta d ataletako erresistentziak ez badira kalkulatuz, $R_{B1} = 100 \text{ K}\Omega$, $R_{B2} = 10 \text{ K}\Omega$ eta $R_C = 10 \text{ K}\Omega$ erabili).
- Marraztu, sarrerarekin batera eta denbora-ardatz bakar bat erabiliz, sorgailutik 200 mV -eko tentsio sinusoidala finkatuz gero lortzen den irteera.

Eremu-efektuko transistoreei buruzko galdera laburrak

Noiz: 2003ko ekaina (2p) - Atalak: Eremu-efektuko transistorea

Erantzun honako galdera hauei:

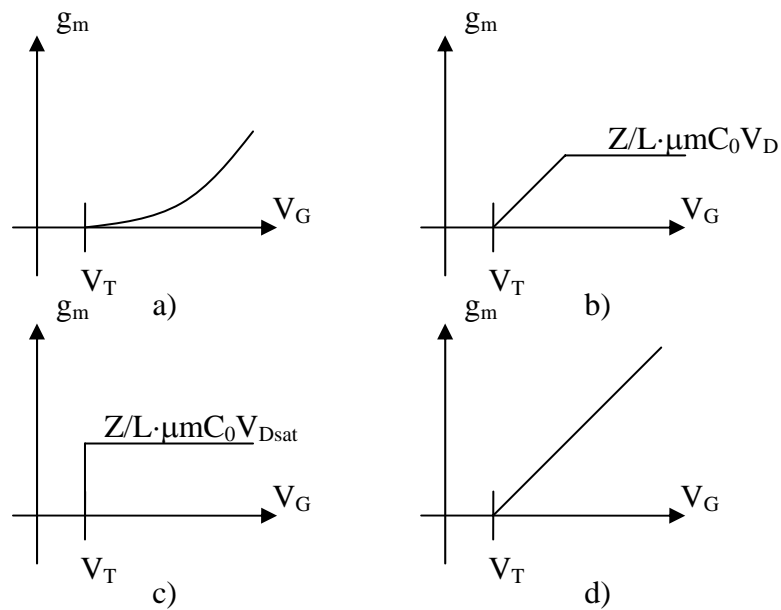
- n pasabideko JFET baten atariko tentsioa $|V_T| = 4 \text{ V}$ da. $|V_{GS}| = 2 \text{ V}$ tentsioa aplikatuz gero, osagaiak korrante-iturri gisa lan egiteko, zenbat da aplikatu beharreko V_{DS} minimoa?
- Aurreko transistorearen $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$ bada eta aplikaturiko tentsioak mantentzen baditugu, kalkulatu I_D .
- Zer transistore mota da irudikoa?



1. irudia. Transistorearen ikurra

Marraztu transistore bera irudikatzeko beste zirkuitu-ikur bat.

- Esan, argi eta garbi azalduz baina hitz gutxitan, BJT eta FETen arteko ezberdintasun nagusiak.
- Beheko irudien artean, zeinek ematen digu g_m -ren V_{GS} -rekiko menpekotasuna $V_{DS} > V_{DSsat}$ denean?



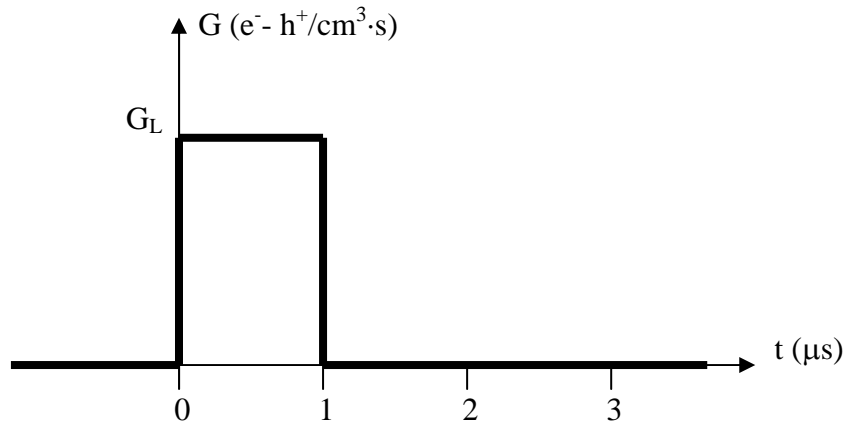
2. irudia. g_m -ren menpekotasun posibleak

- f) Esan honako esaldi hau egia ala gezurra denetz:
MOSFET bat “asetasunean” sartzean, iturriak eta drainak, biek batera, injektatzen dituzte eramaile minoritarioak kanalera.
- g) Esan honako esaldi hau egia ala gezurra denetz:
“Eremu-efektua” hauxe da: MOSFETen drainaren aldean, $V_{DS} = V_{DSsat}$ denean, (alderantzikatutako) geruza eroalea desagertzea.

Lagin bateko soberakinaren denborarekiko bilakaera

Noiz: 2003ko ekaina (1p) - Atalak: Erdieroalea

$N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dopaketa duen erdieeroalezko lagin bat dugu, gainazal pasibatuak dituena. Denbora labur batez argi-pultsu bat aplikatzen diogu (uniformeki bolumen osoan), eta 1. irudian agertzen den sorrera eragiten dugu ($G_L = 10^{17} \text{ e}^- \cdot \text{h}^+ / \text{cm}^3 \cdot \text{s}$):

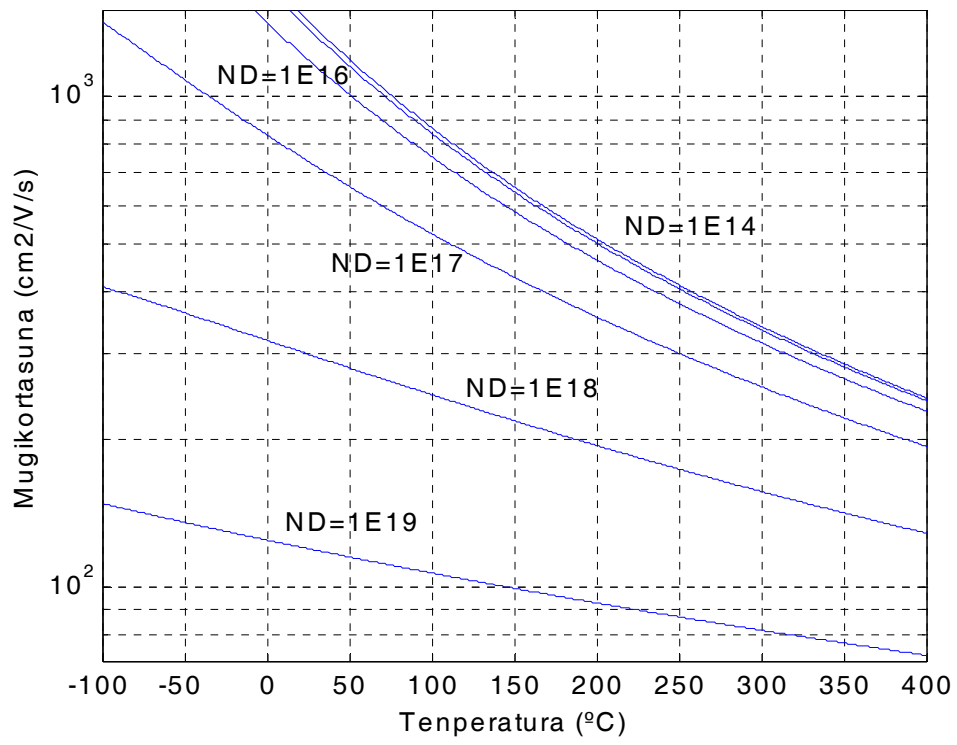


1. irudia. Argiak eragindako sorreraren bilakaera

Lagina giro-tenperaturan dagoela jakinik:

- Denboran zehar dauden minoritarioen profila lortu, eta egin behar diren hipotesiak egiaztatu.
- Marraztu, kualitatiboki, aurreko profila (punturik adierazgarrienak zehaztuz).
- $t = 50 \mu\text{s}$ unean oreka termodinamikora zenbateraino hurbildu garen arrazoitu.
- Analizatu laginaren eroankortasunak denboran zehar duen bilakaera.

Datuak: $\tau_p = 15 \mu\text{s}$ $n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ eta $\mu_n = f(N_D)$ grafikoa



2. irudia. $\mu_n = f(N_D)$ grafikoa

Diodoen analisia eta erabilera

Noiz: 2003ko ekaina (1p) - Atalak: Diodoa

Irudian agertzen den zirkuituari buruzko datu hauek dakizkigu:

$$V_{CC} = 10 \text{ V} \quad R = 10 \ \Omega \quad R_C = 2 \text{ K}\Omega \quad R_L = 2 \text{ K}\Omega \quad C = \infty$$

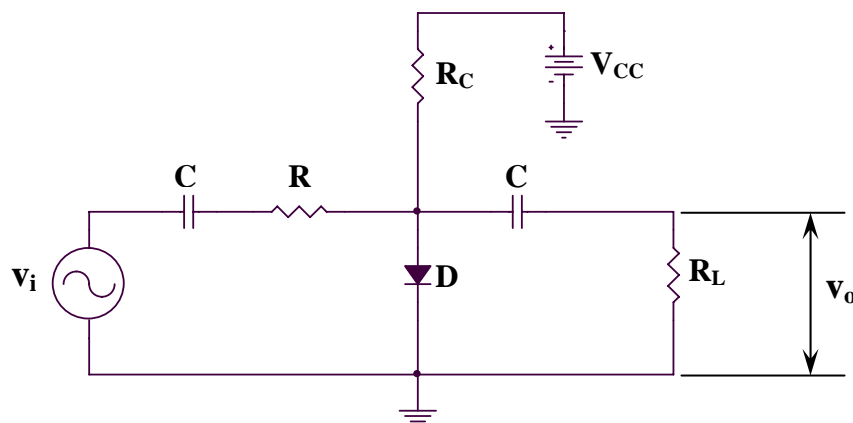
Zirkuituak beti maiztasun baxuetan lan egiten du.

Dakigunez, diodoaren serieko erresistentzia $R_S = 5 \ \Omega$ da. Beste parametro batzuk hauek dira:

$$\begin{aligned} N_D &= 10^{14} \text{ cm}^{-3} & N_A &= 10^{18} \text{ cm}^{-3} & A &= 0,5 \text{ cm}^2 \\ D_p &= 15 \text{ cm}^2 / \text{seg} & n_i &= 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3} \\ \tau_p &= 50 \ \mu\text{s} & V_T &= 25 \text{ mV} \\ w_C &= 1000 \ \mu\text{m} \end{aligned}$$

Oharra: Diodoaren seinale handiko ereduak $V_\gamma = 0,45 \text{ V}$ eta $R_S = 5 \ \Omega$ osagaiak ditu.

- Lortu eta marraztu transferentzia-kurba, sarrerako seinalea 10 mV_P -ko sinusoidea denean. Egiaztatu egindako hipotesiak.
- Orain, kondentsadoreak zirkuitulaburrean jartzen ditugu, eta sarrerako v_i tentsioa $10V_P$ baliora igotzen dugu. Kalkulatu eta marraztu berriro transferentzia-kurba.
- Aurreko bi kasuetan, marraztu irteerako v_o tentsioa denboraren arabera.



1. Irudia

Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisia

Noiz: 2003ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea

10 μm luze den siliziozko lagin batek, zentimetro kubiko bakoitzeko 10^{16} ezpurutasun hartzaile ditu. Dakigunez, haren gainazaletako bat (ezkerrekoa, $x=0$) pasibatuta badago ere, bestea (eskuinekoa, $x = w$) ohmikoa da.

Ezkerreko kontaktuaren inguruko eskualde bat ($x = 0$ eta $x = \delta$ gainazalen artekoa, hain zuzen ere) uniformeki argizatzen da, eta ondorioz, erregimen geldikorrean, 10^{17} pare sortzen dira zentimetro kubiko eta segundo bakoitzeko.

Lagina 100 $^{\circ}\text{C}$ -ko tenperaturan dago.

Datuak: $n_i(T)$, $\mu_n(T,N)$ eta $\mu_p(T,N)$ parametroen irudiak.

$$\text{Azalera} = 1\text{cm}^2 \quad \tau_n = 100\mu\text{s} \quad k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ C}\cdot\text{V}/\text{K}$$

a) Frogatu minoritarioen soberakinaren profilen adierazpenak hauek direla:

$$n'_I(x) = -G \cdot (\delta^2 + x^2 - 2 \cdot \delta \cdot w) / 2D_n \quad 0 \leq x \leq \delta$$

$$n'_{II}(x) = G \cdot \delta \cdot (w - x) / D_n \quad \delta \leq x \leq w$$

b) Marraztu profil horiek eta dagozkien fluxuak. Adierazi baliorik esanguratsuenak.

c) Kalkulatu $x = w$ gainazalean segundoko birkonbinatzen diren eramaileak.

Kopuru hori, aplikatzen den sorrerarekin erlazionatu.

d) δ estu-estu egiten dugu. Argiztaturiko bolumena gainazal bihurtu arte, hain zuzen ere. Zer gertatzen da? Gertaera edo egoera hori gainazaleko efektu gisa modela al daiteke? Zenbatekoa da? Nolakoa eta zenbatekoa da oraingo minoritarioen profila?

PN juntura baten analisia

Noiz: 2003ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea

$A = 4 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2$ -ko azalera duen diodo baten ezaugarri elektriko batzuk analizatu nahi ditugu. Diodo honen parametro teknologikoetako batzuk hauek dira:

<u>Anodoa</u>	<u>Katodoa</u>
$N_A = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$	$N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$
$W_a = 4 \text{ }\mu\text{m}$	$W_c = 4000 \text{ }\mu\text{m}$
$L_n = 0,4 \text{ }\mu\text{m}$	$D_p = 20 \text{ cm}^2/\text{s}$
	$\tau_p = 1 \text{ }\mu\text{s}$

Bi eskualdeei dagozkien konstanteak:

$$n_i(T) = 10^{10} \text{ cm}^{-3} \quad \epsilon_0 = 8,85\text{E-}12 \text{ F/m} \quad \epsilon_{r\text{Si}} = 11,8$$

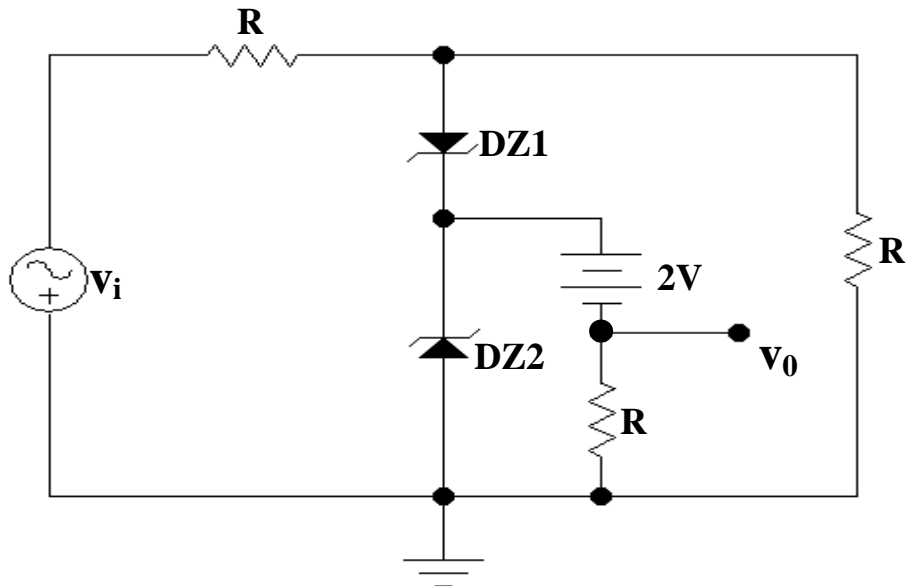
- Kalkulatu zenbat den korrante-dentsitatea, diodoa injekzio altuan sartu berria bada.
- Eskualde neutroetako serieko erresistentziak diodoaren kurba *ideala* aldatzen du, zeren eta kanpoko terminaletan aplikaturiko tentsioa ez baita eskualde dipolarrean oso-osorik agertzen. Horren harira, zenbateko tentsioa aplikatu behar dugu diodoan, korrontea 0,1 mA izan dadin?
- Egiaztatu denez, diodoa hausturan sartzen denean, junturako kapazitatearen balioa 0,5 pF da. Zenbat da hausturako tentsioa? Zein da diodo honen berehalako erabilera?

Transferentzia-kurba

Noiz: 2003ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Diodoa

Kalkulatu eta irudikatu irudiko zirkuituaren transferentzia-kurba.

Datuak: $V_Z = 4\text{ V}$. Gainerakoan, diodoak idealak dira.



1. irudia

2001/2002

ikasturtea

Galdera teorikoak

Noiz: 2002ko iraila - **Atalak:** Erdieroalea, diodoak, transistoreak

GALDERA SORTA

1. W luze den N motako erdieroale-lagin batean, kanpotik eraginez, $x = 0$ gainazalean minoritario-soberakin bat mantentzen da: $p'_n(0)$. Laginean zehar dauden minoritarioak analizatuz, haien profilak jarraitzen duen funtzioa lortu da: $p'_n(x) = p'_n(0) \cdot [1 - x/w]$. Dakigunez, erdieroalea injekzio baxuan dago eta kargaren neutraltasunaren baldintza betetzen da. Lagina zirkuitu irekian badago:
 - a) Zenbat da korrante osoa? Eta hutsuneei dagokien korrantearen osagaia?
 - b) Elektroikorranterik ba al dago? Zer motatakoa?
 - c) Zer esan daiteke bolumeneko birkonbinazioari buruz?
 - d) Eta $x = w$ kontaktuari buruz?
2. Junturazko p^+n diodo asimetriko batean, zein da —batez ere— korrantearen eroapenaz arduratzen den eramailea?
3. Pn diodoaren oinarritzko funtzionamendutik, zer aplikazio eratortzen da berehala?
4. Marraztu Zener baten zirkuitu-ikurra. Zer aplikazio nagusi du?
5. BJT bat aktiboan badago, seinaleko kolektoreko eta baseko korranteen arteko erlazioa polarizazio-korranteen artean dagoen erlazio bera al da?
6. Zergatik esaten dugu FETak unipolarrak/polobakarrekoak eta BJTak bipolarrek direla?
7. N pasabideko JFET baten atariko tentsioa $|V_T| = 4V$ bada, eta $|V_{GS}| = 2V$ tentsioa aplikatzen badiogu, zenbat da korrante-iturri baten portaera lortzeko aplikatu beharreko V_{DS} minimoa?

Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisia

Noiz: 2002ko iraila - **Atalak:** Erdieroalea

Ezpurutasun emaleez dopatutako erdieroale lagin bat dugu, $W = 10\mu\text{m}$ luze ($N_D = 10^{17}\text{ cm}^{-3}$). Laginaren ezkerreko erdia argizatzen da eta, egoera geldikorrean, zentimetro kubiko eta segundo bakoitzeko $G = 10^{18}\text{ e}^- \text{h}^+$ pare sortzen dira.

Dakigunez, $x = 0$ gainazaleko kontaktua ohmikoa da, eta $x = W$ gainazala erabat pasibatuta dago.

Beste datu batzuk hauek dira:

$$\mu_p = 400\text{ cm}^2/\text{V}/\text{s} \quad D_n = 30\text{ cm}^2/\text{s}; \quad \tau_p = 1000\ \mu\text{s}, \quad \tau_n = 2000\ \mu\text{s} \quad V_T = 25\text{ mV}$$

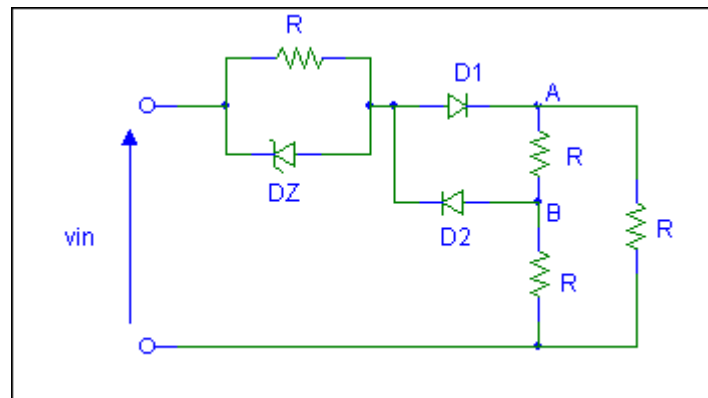
Egoera honetan:

- Kalkulatu eta marraztu minoritarioen profila, eta egindako hipotesiak azaldu.
- Kalkulatu eta marraztu korrante-fluxu guztiak. Zenbat da korrante osoa?
Zergatik?
- Zenbat pare birkonbinatzen dira $x = 0$ gainazalean?

Transferentzia-kurba

Noiz: 2002ko iraila - Atalak: Diodoa

1. irudiko zirkuituan aplikatzen den sarrera 20 V_p -eko sinusoidea da. Kalkulatu eta marraztu zirkuituaren transferentzia-kurba irteeratzat A eta B puntuen arteko tentsioa (hau da, V_{AB}) hartzen bada. Datuak: D_1 eta D_2 idealak dira, $V_Z = 6\text{ V}$ eta $R = 2\text{ k}\Omega$.



1. irudia

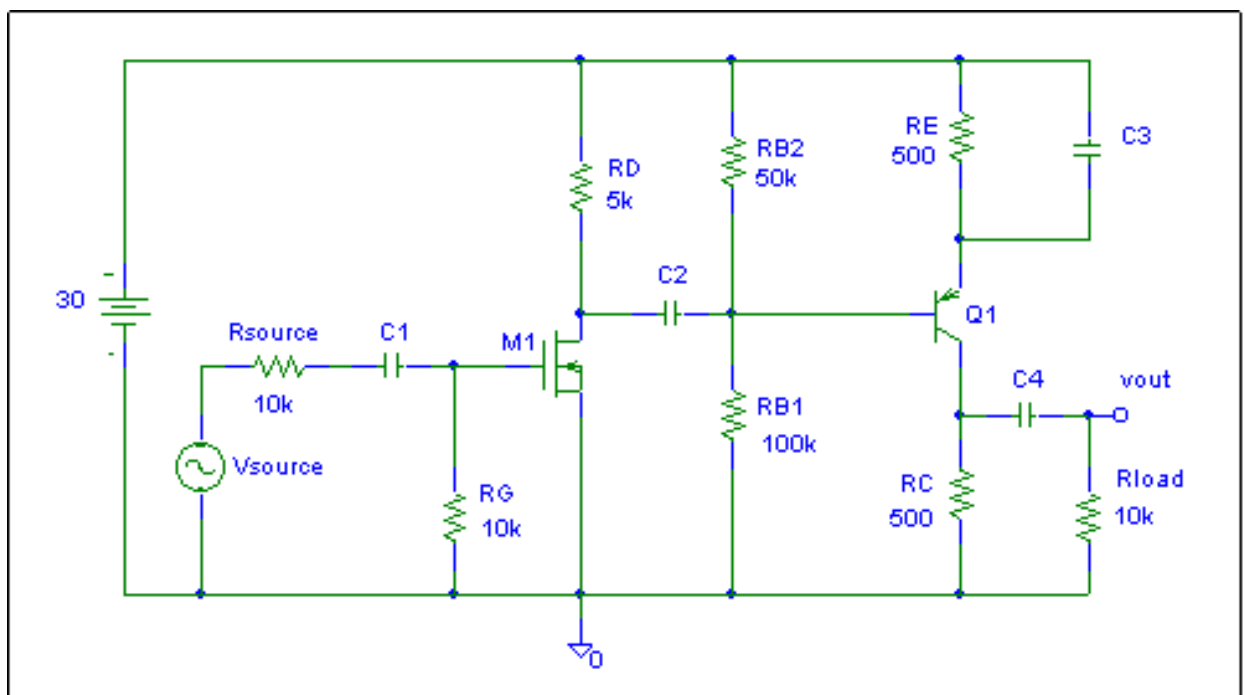
Bi etapako amplifikadorea

Noiz: 2002ko iraila - **Atalak:** Transistoreak

1. irudiko zirkuituan erabilitako transistoreen parametroak hauek dira:

$$|I_{DSS}| = 4 \text{ mA} \quad |V_T| = 4 \text{ V} \quad \beta = 250 \quad |V_{BE}| = 0,5 \text{ V.}$$

- Kalkulatu bi transistoreen polarizazio-puntua.
- Kalkulatu zirkuituaren irabazi osoa.
- Nola lor genezake (polarizazio puntua aldatu gabe eta sorgailu bera eta karga bera erabiliz) zirkuituaren irabazi osoa era nabarian igotzea?
- Distortsioa, hasiera batean, BJTak eragiten badu, marraztu irteerako seinalearen forma, sarrerakoa 10 mV_p -eko sinusoidea bada. Eta 100 mV_p -ekoa bada?
- Zenbat da, distortsiorik sartu gabe, aplika daitekeen seinalerik handiena?



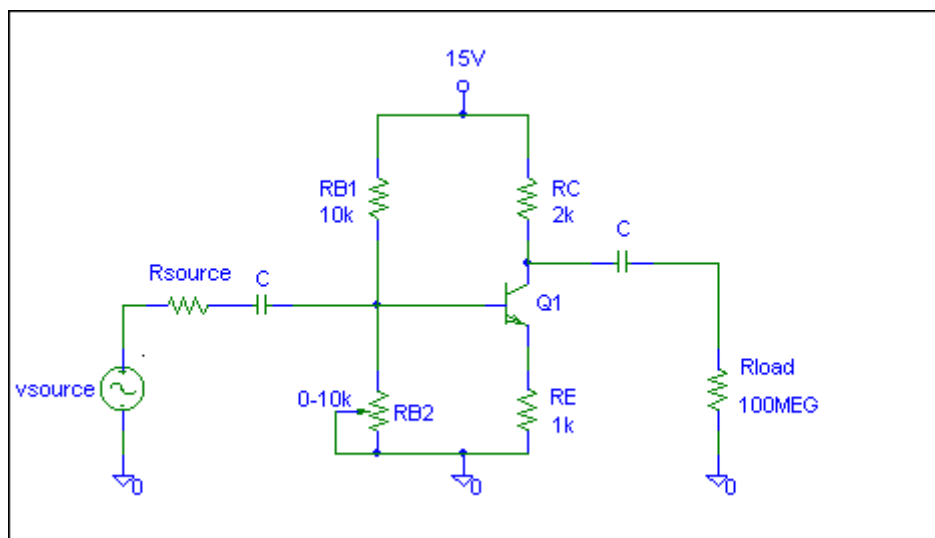
1. irudia

Igorle komuneko anplifikadorea

Noiz: 2002ko ekaina (2p) - Atalak: Transistore bipolarrak

1. irudian agertzen den zirkuituan, R_{B2} erresistentzia aldakorak 0 eta 10 k Ω arteko balioak izan ditzake doiketaren arabera.

- Balioa minimora jarriz, bi neurketa hartu ditugu:
 $I_C = 20 \mu\text{A}$ eta $I_E = -8 \mu\text{A}$
- Balioa % 20an doitzuz gero, $I_C = 1,9848 \text{ mA}$ neurtu da.



1. irudia

$V_T = 25 \text{ mV}$ hartuz:

- a) Kalkulatu α_F , I_{ES} , α_R , I_{CS} eta β_F .

Hemendik aurrera, $\beta = 160$ eta $V_{BE} = 0,5 \text{ V}$ dituen transistore bat erabiliko da.

- b) Zenbat izan behar du polarizazioko baseko korranteak, tarte dinamikoa optimizatu behar badugu.
- c) Horretarako, zenbatean doitu behar dugu R_{B2} ?
- d) Oraingoan, erresistentzia 2,5 k Ω balioan doitu, eta, transistorea β %25 altuagoa duen beste batez ordeztzen badugu, nola aldatuko da polarizazio-puntua? Polarizazio-zirkuitu egokia al da?

Iturri komuneko amplifikadorea (p pasabideko MOSFETa)

Noiz: 2002ko ekaina (1p) - **Atalak:** Eremu-efektuko transistoreak

Beheko irudian agertzen den FETaren parametro nagusiak jakin ditugu:

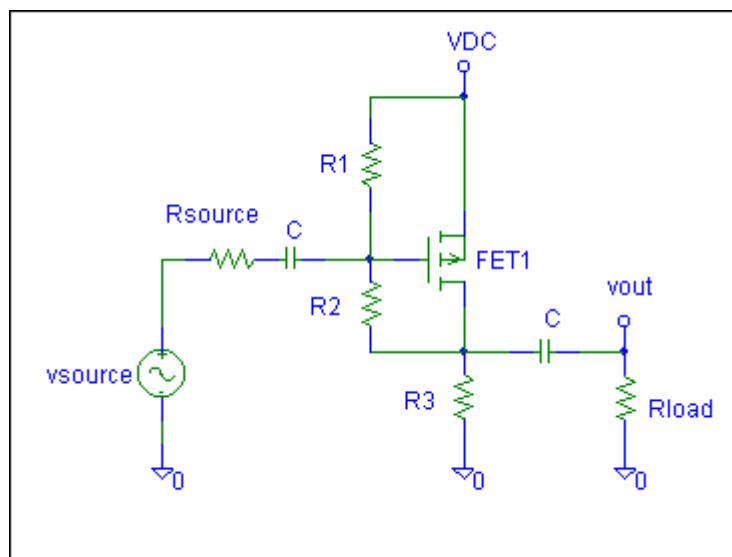
$$|V_T| = 2 \text{ V} \quad |I_{DSS}| = 4 \text{ mA}$$

Zirkuituari buruzko beste datu batzuk hauek dira:

$$V_{DC} = 12 \text{ V} \quad R_{Source} = 500 \Omega \quad R_1 = 6 \text{ k}\Omega \quad R_3 = 2 \text{ k}\Omega \quad R_{load} = 15 \text{ k}\Omega$$

Gauzak horrela:

- Marraztu —balio esanguratsuenak adieraziz— eragingailuaren transferentzia-kurba. Zer osagai mota da?
- Kalkulatu, transistoreak asetasunean lan egin dezan, erabil daitezkeen R_2 -ren balio maximoa eta minimoa.
- Kalkulatu R_2 , $I_D = I_{DSS}/4$ izan dadin.
- Zenbat da zirkuituaren tentsio-irabazi osoa, sorgailuaren barneko inpedantzia zero bihurtzen badugu? Zer eragin du, irabazian, R_{source} erresistentziak?
- Sarrerako eta irteerako inpedantziak lortu.

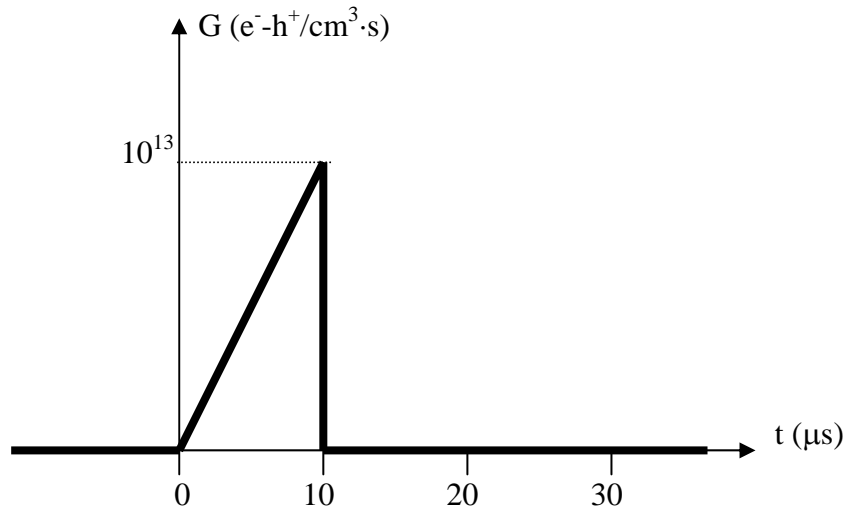


2. irudia

Lagin bateko soberakinaren denborarekiko bilakaera

Noiz: 2002ko ekaina (1p) - Atalak: Erdieroalea

Gainazal pasibatuak dituen N motako erdieroale lagin bat daukagu. Bertan, bolumen osoan uniformeki, forma triangeluarreko argi-pultsu bat aplikatzen da. Horrek eragiten duen sorrera 1. irudian islatu da:



1. irudia. Sorreraren bilakaera denboran zehar

Dakigunez, lagina, une oro, injekzio baxuan dago eta $\tau_p = 15 \mu\text{s}$ da. Gauzak horrela:

- Hasieran lagina oreka termodinamikoan badago, kalkulatu denboran zehar dagoen minoritarioen profila.
- Irudikatu aurreko profila kualitatiboki, eta punturik adierazgarrienak seinaltatu.
- Esan (erantzuna arrazoituz) zenbat den, $t = 50 \mu\text{s}$ unean, oreka termodinamikoraino dagoen aldea.

Ohar lagungarria:

$\frac{dp'(t)}{dt} = [At + B] - \frac{p'(t)}{\tau_p}$ ekuazio diferentzialaren soluzioa hau da:

$$p'(t) = K_1 \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau_p}\right) + Ct + D$$

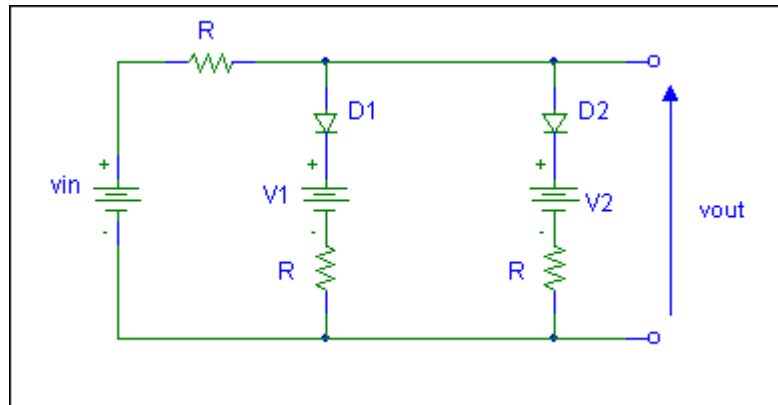
non:

- C eta D bi konstante baitira (A, B eta τ_p konstanteekin erlazionatuak).
- K_1 hasierako egoeraren (inguru-baldintzen) araberako konstantea baita.

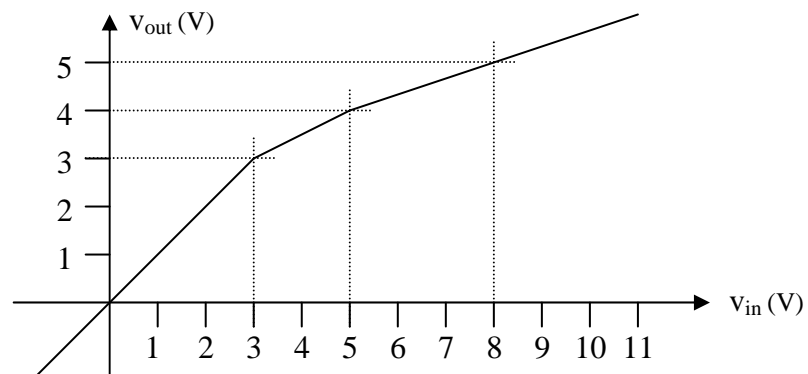
Transferentzia-kurbak

Noiz: 2002ko ekaina (1p) - Atalak: Diodoak

1. irudian agertzen diren V_1 eta V_2 tentsioak, zirkuituaren transferentzia-kurba
2. irudikoa izan dadin (datua: $V_1 < V_2$).



1. irudia



2. irudia. Zirkuituaren transferentzia-kurba

Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisia

Noiz: 2002ko otsaila (berezia) - **Atalak:** Erdieroalea

L luze den P motako erdieroale lagin bat dugu erregimen geldikorrean. $x = 0$ ertzean, G e^-/h^+ pare sortzen dira segundo eta zentimetro karratu bakoitzeko. Gainera, badakigu bolumeneko birkonbinazioa hutsala dela eta beste gainazala ($x = L$ ertza) $S_n(\text{cm/s})$ birkonbinazio-abiaduraz karakterizatzen dela. Injekzio baxuan gaudela onartuz:

- a) Kalkulatu eta irudikatu egitura osoan dauden eramaile-kontzentrazioak, elektroien eta hutsuneen korronteak eta eremu elektrikoa.
- b) Lorturiko emaitzak kualitatiboki azaldu: Eremua zergatik agertzen den, korronte-osagaien tamaina
- c) Marraztu –a) ataleko irudian bertan- $x = L$ gainazalean kontaktu ohmiko bat izanez gero lortuko genukeen eramaile-kontzentrazioa. Azaldu lorturiko emaitza.

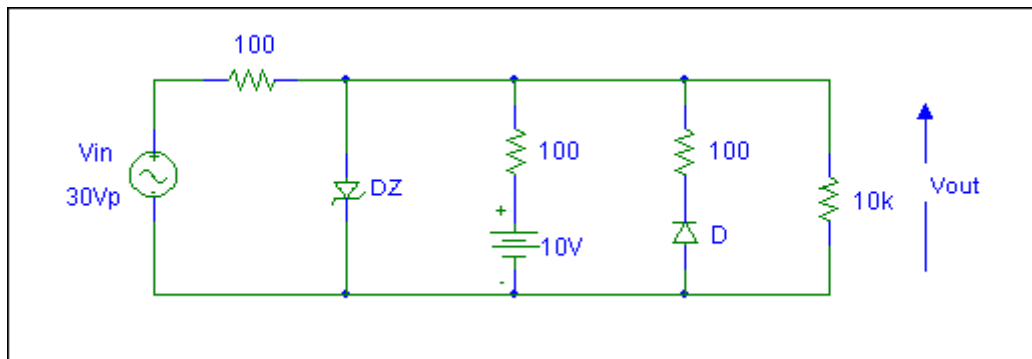
Transferentzia-kurbak

Noiz: 2002ko otsaila (berezia) - **Atalak:** Diodoa

Irudian agertzen den zirkuituan sarrerako seinalea 30 V_p -eko seinale sinusoidala da. Irudikatu V_{out} irteerako seinalea, eta adierazi puntu esanguratsuak.

Kalkulatu diodoen konmutazio-tentsioak eta zirkuituaren transferentzia-kurba.

Datuak: $V_z = 5\text{ V}$. Gainerakoan, diodoak idealak dira.



1. irudia

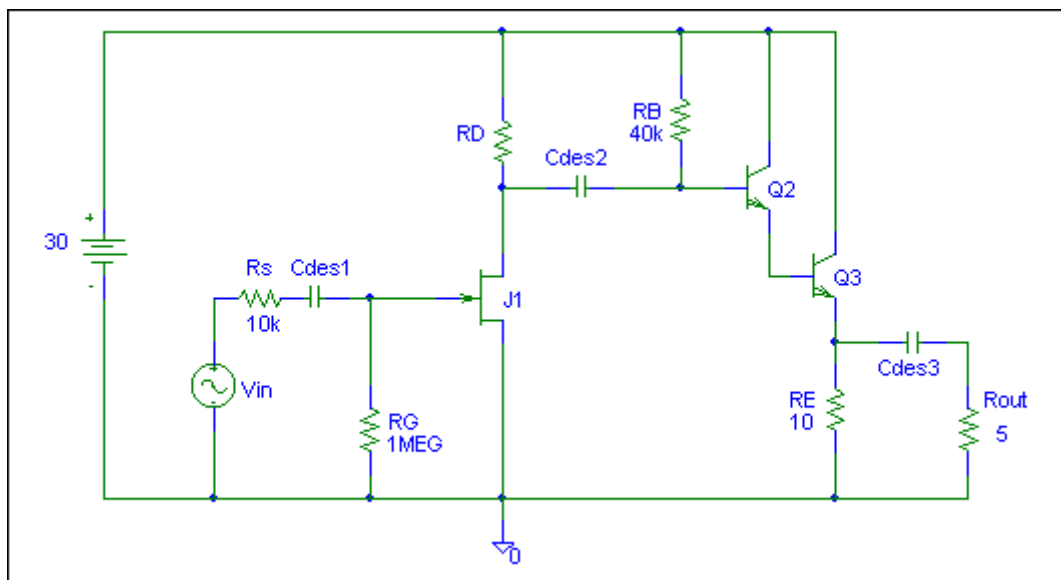
Bi etapako amplifikadorea

Noiz: 2002ko otsaila (berezia) - **Atalak:** Transistoreak

Soinu-sentsore (mikrofono) bat dugu. Dakigunez, normalean, puntako 10 mV-eko irteera tipikoa ematen du zirkuitu irekian (bestela, beraren irteera-inpedantzia (10 k Ω) kontuan hartu behar da eta). Handik hurbil audio-seinalearen kopia bat lortu nahi dugunez, 5 Ω -eko sarrerako inpedantziako bozgorailu bat prestatu dugu.

- a) Bi gailuak konektatzeko hari pare bat (besterik ez) erabiliz gero lortuko litzatekeen zirkuitua marraztu. Ondorioak atera.

Aurreko atalean ikusitako arazoa konpontzeko, irudian agertzen den zirkuitua erabiltzea komeni da.



1. irudia

- b) FETaren polarizazio-zirkuituaren analisisa:

1. $|I_{DSS}| = 20$ mA eta $|V_T| = 2$ V badira, zenbat da draineko korrontea?
2. FETak asetasunean lan egitea nahi izanez gero, zeintzuk dira R_D erresistentziaren balio maximo eta minimoa?
3. Kontrako motako pasabideko FET bat erabil al liteke?

- c) BJTen polarizazio-zirkuituaren analisisa:

1. Q3 transistorearen lan-puntua kalkulatu baldin eta datu hauek badakizkigu: $V_{BE2} = V_{BE3} = 1$ V (polarizazio zuzenean) eta $\beta_2 = \beta_3 = 100$ ($\beta+1 \sim \beta$ eta $KT/q = 25$ mV hartu).

d) Seinale txikiko zirkuituaren analisisia:

1. Erabili behar den zirkuitua marraztu, r_{b2} , r_{b3} eta g_{mFET} osagaiei dagozkien balioak eta guzti ($g_{dFET} \sim 0 \Omega^{-1}$).
2. Zirkuituaren sarrerako inpedantzia kalkulatu eta haren abantaila eta desabantailak azaldu.
3. Kalkulatu zer tentsio-irabazi lortzen den $R_D = 600 \Omega$ denean.
4. Analizatu nola laguntzen duen etapa bakoitzak irabazi osoa lortzen eta esan zein den etapa bipolarren helburua.

Diodo baten asetasun-korrontea eta profilak

Noiz: 2002ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea eta diodoa

P⁺n diodo baten katodoaren dopaketa kalkulatu nahi dugu eta, horretarako, beheko irudian agertzen den muntaia erabiliko da.

Hasteko, diodoaren serieko erresistentzia neurtu da: 10 Ω da eta, batez ere, anodoari dagokio (kontaktuari, zehatzagoak izateko). Bestalde, katodoaren eskualde neutroaren erdiko gainazalean, S = 1000 cm²-eko birkonbinazio-abiadura dago.

Gauzak horrela, zirkuitutik pasatzen den korrontea 3,25 mA baldin bada:

- Kalkulatu eta irudikatu katodoko eramaile minoritarioen profila (hustutako eskualdearen ertzeko soberakinaren arabera).
- Kalkulatu eta marraztu aurreko ataleko profilari dagozkion barreiapeneko korronteak.
- Kalkulatu katodoaren dopaketa.

DATUAK: Katodoaren kontaktua ohmikoa da.

$$\omega_K = 5 \mu\text{m}$$

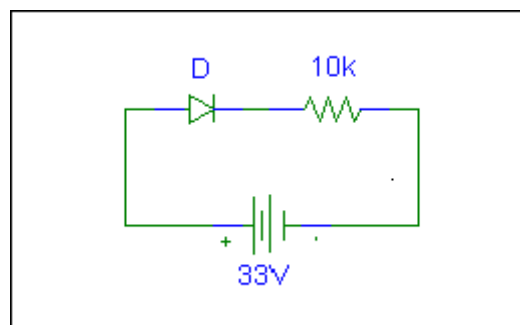
$$\tau_p = 2 \mu\text{s}$$

$$n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

$$D_p = 50 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$A = 0,1 \text{ cm}^2$$



1. irudia

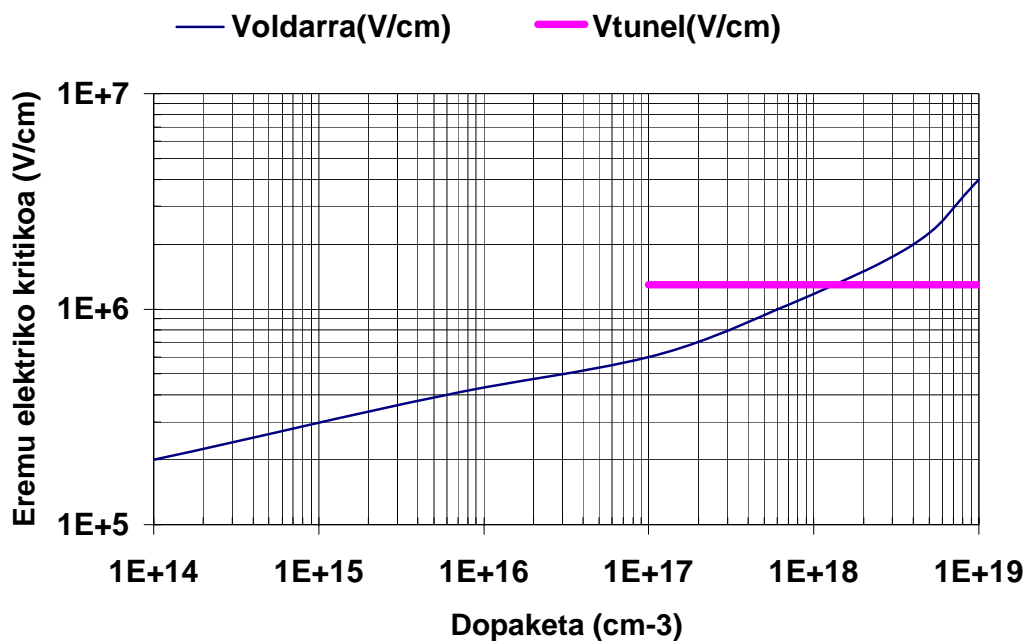
Zener diodoen hausturako tentsioa eta barneko potentziala

Noiz: 2002ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea eta diodoa

Inbertsoan polarizatutako diodo batetik igarotzen den korronea, lehenengo hurbilketan, Shockleyren ekuazioak aurreikusten duena da: $-I_{sat}$. Berarekin batera ihes-erresistentziari dagokiona ere ager daiteke baina, edonola ere, oso korronte txikia da. Halere, aplikatutako tentsio negatiboa oso handia baldin bada, korronte nabarmena ager daiteke. Hau da, tentsio batera iristean diodoan zehar nahiko korronte altua hasten da pasatzen katodo \rightarrow anodo noranzkoan. Orduan, esaten da diodoaren haustura edo disrupzioa gertatu dela.

Fenomenoa azaltzeko, hiru mekanismo fisiko daude: ezegonkortasun termikoa, oldarra eta tunel-efektua. Azken batean, hiru mekanismoetako bakoitzarentzat, parametro nagusia hauxe da: haustura gertatzeko behar den eremu elektrikoaren balioa ($E_{kritiko}$). Gauzak horrela, diodo konkretu baten haustura, hiru mekanismoen arteko bakar batek eragingo du: eremu elektriko kritiko minimoa behar duena.

Hurrengo irudian, silizioan oldarrari eta tunel-efektuari dagozkien eremu elektriko kritikoak irudikatu dira, dopaketarekiko dituzten bilakaerak agerian utziz (ezegonkortasun termikoa ez da silizioan kontuan hartzeko modukoa).



1.Irudia

Aurreko paragrafoetan esandakoa kontuan hartuz, p⁺n diodo baten haustura-fenomenoa analizatu nahi dugu.

Horretarako:

- a) Marraztu, **kualitatiboki**, hustutako eskualdean agertzen diren karga-dentsitatearen, eremu elektrikoaren eta potentzialaren grafikoak oreka termodinamikoan eta polarizazio inbertsopean. Parametro bakoitzarentzat, **erabili grafiko bakar bat bi polarizazio-egoeretarako**. Azaldu egindako hipotesiak eta adierazi grafikoetan agertzen diren magnitude garrantzitsuen formulak.

- b) Frogatu $V_{haustura} \approx -\frac{\epsilon_{Si}}{2qN_D} \cdot E_{kritiko}^2 + \phi_T$ non $E_{kritiko}$ haustura eragiten duen eremua den.

- c) Kalkulatu haustura-tentsioa dopaketa hauetarako:

- $N_D = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$
- $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$
- $N_D = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$

Lorturiko balioak ikusiz gero, zer ondorio ateratzen da?

- d) $|V_Z| = 2,75 \text{ V}$ haustura-tentsioa lortzeko, zenbateko dopaketa erabili beharko genuke?

DATUAK: $n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$

$N_A = 10^{20} \text{ cm}^{-3}$

$\epsilon_{rSi} = 11,8$

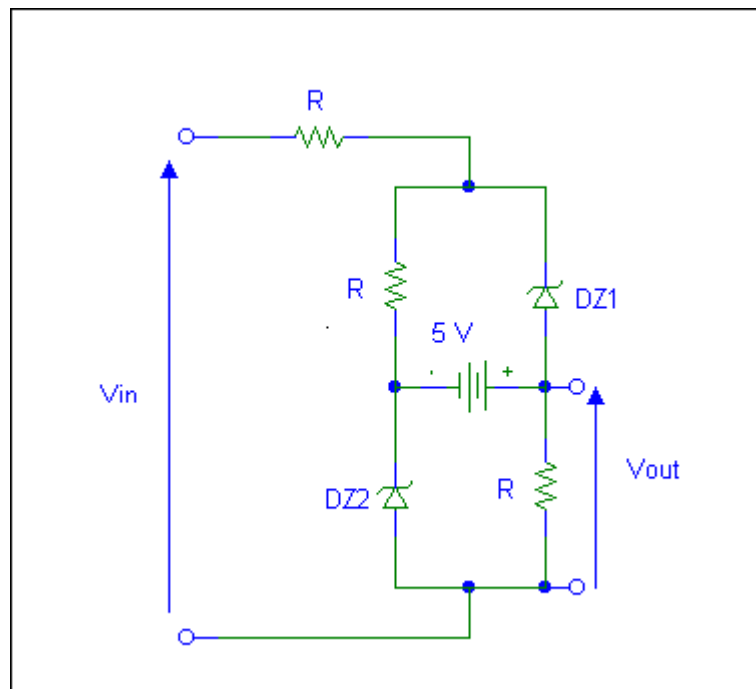
$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-14} \text{ F/cm}$

Transferentzia-kurbak

Noiz: 2002ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Diodoa

Irudian agertzen den zirkuituaren transferentzia-kurba kalkulatu eta marraztu. Ondoren, V_{out} irteerako seinalea irudikatu, V_{in} sarrerako seinalea $30 V_p$ -ko seinale sinusoidala bada (azpimarratu puntu esanguratsuenak).

DATUAK: $V_Z = 5 V$. Gainerakoan, diodoak idealak dira.



1. irudia

Diodoa erregimen dinamikoan: galdera teorikoak

Noiz: 2002ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Diodoa

- a) Marraztu kargaren bidezko kontrol-eredutik pn diodo batentzat lortzen den zirkuitu baliokidea.
- b) Zeri deritzogu seinale txikiko erregimen?
- c) Nola geratzen da a) ataleko zirkuitua seinale txikian lan egiten ari bagara?

2000/2001

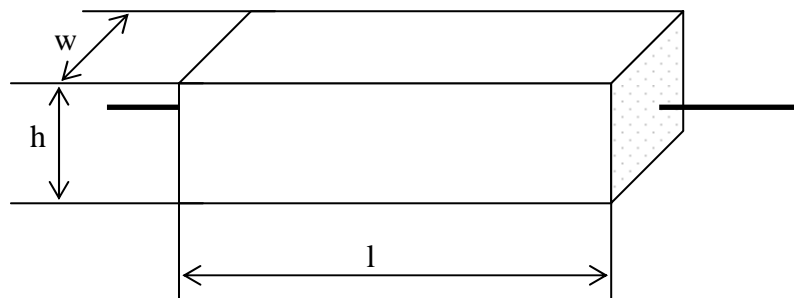
ikasturtea

X izpietako aparatu batentzako segurtasun-adierazlea

Noiz: 2001eko iraila - **Atalak:** Erdieroalea eta diodoa

X izpietako aparatu batean gailu lagungarri gisa erabiltzeko asmoz, atariko balio bat — Potentzia máx baimen (W/cm^2)— baino erradiazio indartsuagoak nabaritzean piztu behar den detektagailu bat diseinatu da.

Osagai nagusia gainazal pasibatuak dituen material erdieroale intringtseko zati bat da. Haren geometria lehenengo irudian adierazten da:



1. irudia

Gogoratu laginean honako adierazpen hau betetzen dela:

$$U = \frac{p \cdot n - n_i^2}{\tau_0 \cdot (p + n + 2 \cdot n_i)}$$

Funtzionamenduaren oinarria:

Detektagailuaren posizioa dela eta, erradiazioak (egotekotan) sorrera uniformea eragiten du erdieroalearen bolumen osoan, eta beheko formulak adierazten duen parekopurua sortzen du:

$$G_L = K \cdot P(W/cm^2) \text{ pare}/(cm^3 \cdot s),$$

non P irradiaturiko potentziaren dentsitatea den. K balio ezaguneko konstantea da: 10^{20} pare/(J·cm).

Eskatzen da:

- a) Frogatu laginaren eroankortasuna formula honen bidez adieraz daitekeela:

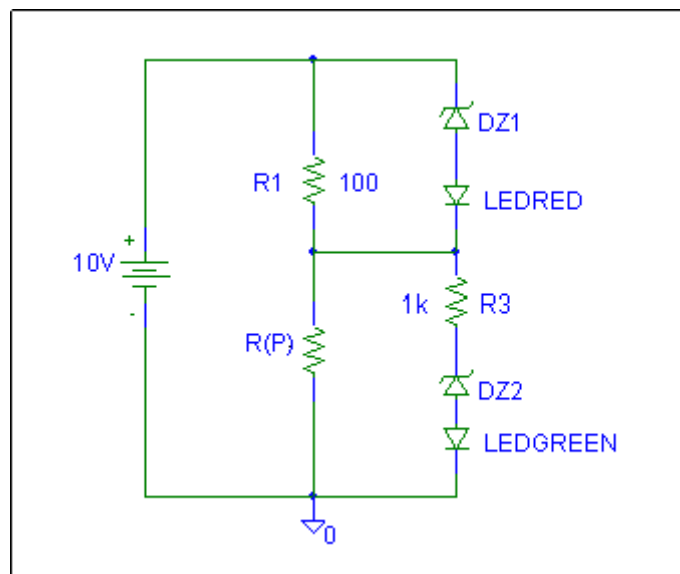
$$\sigma = q \cdot (\mu_n + \mu_p) \cdot [n_i + 2 \cdot G_L \cdot \tau_0]$$

- b) Kalkulatu laginaren erresistentzia erradiazio-maila hauetarako:

- Baxua: $P = 1 \mu W/cm^2$
- Ertaina: $P = 1 mW/cm^2$
- Arriskutsua: $P = 1 W/cm^2$

R(P)-z adierazitako erdieroaleaz gain, sistemak beste osagai batzuk ditu: 10 V-eko pila bat, zener diodo bi (haien haustura tentsioa $V_z = 5 \text{ V}$ da) eta LED motako beste bi diodo ($V_\gamma = 1.2 \text{ V}$): bata berdea (LEDGREEN), bestea gorria (LEDRED), 2. irudiak adierazten duenez. LEDak diodo zuzentzaileen antzeko diodoak dira, baina zuzenean polarizatzean argizatzen dira, zeren eta haietan gertatzen diren birkonbinazio-prozesuek xahutzen duten energia erradiazio ikusgai gisa igortzen baita.

- c) Zeintzuk dira R-ren balioak LED bakoitza argiztatzeko? Kasu bakoitzari, zer potentzia dagokio? Hau da, kalkulatu R-ren (eta P-ren) balioak (tarteak) LEDRED eta/edo LEDGREEN ON egoeran egoteko.



2. irudia

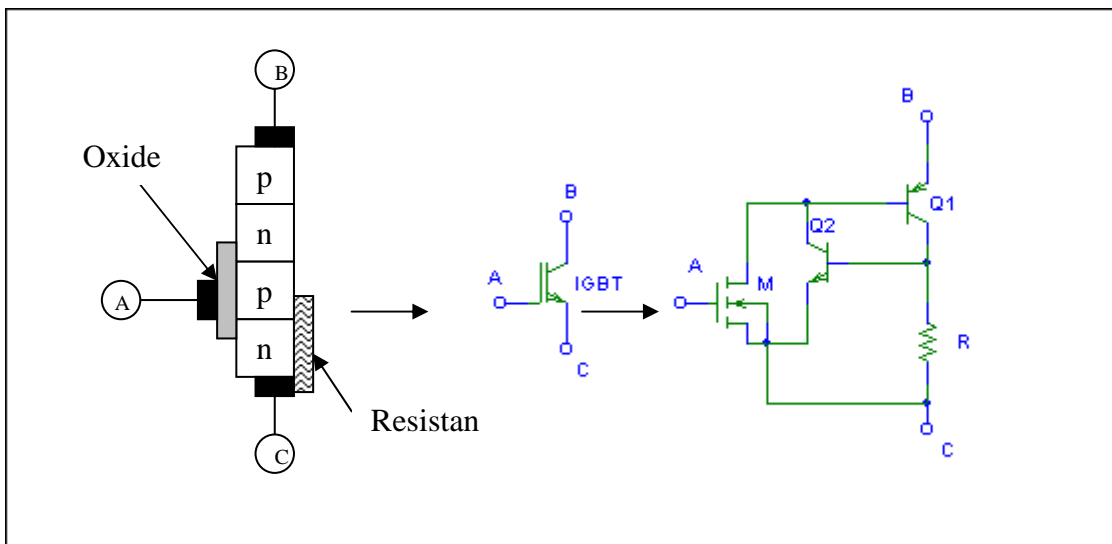
Datuak:

$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$	$\mu_n = 1200 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$	$\mu_p = 400 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$
$w = 2 \text{ mm}$	$h = 300 \text{ }\mu\text{m}$	$l = 1 \text{ cm}$	$\tau_0 = 10 \text{ ms}$

Insulated Gate Bipolar Transistors (IGBT)

Noiz: 2001eko iraila - Atalak: Transistoreak

IGBT gailua, nahiz eta gaur egun oso modan egon, ikasturtean zehar analizatu ez dugun transistore mota bat da. Gailu honek MOSFETen eta BJT transistoreen abantailak biltzen ditu: MOSFETen ate isolatuak polarizazio-erraztasuna eta sarrerako inpedantzia altua ekartzen ditu, eta BJTen korrante-irabazi handia eskaintzen du. Gainera, MOSFETekin alderatuz gero, IGBTek xahu dezaketen potentzia maximoa altuagoa denez eta konmutazio-denbora laburragoa denez, hedapen zabaleko erabilera dute potentziako gailuetan, nahiz eta nahiko gailu modernoa izan. Haren egitura, zirkuitu-ikurra eta zirkuitu baliokidea 3. irudian adierazten dira:

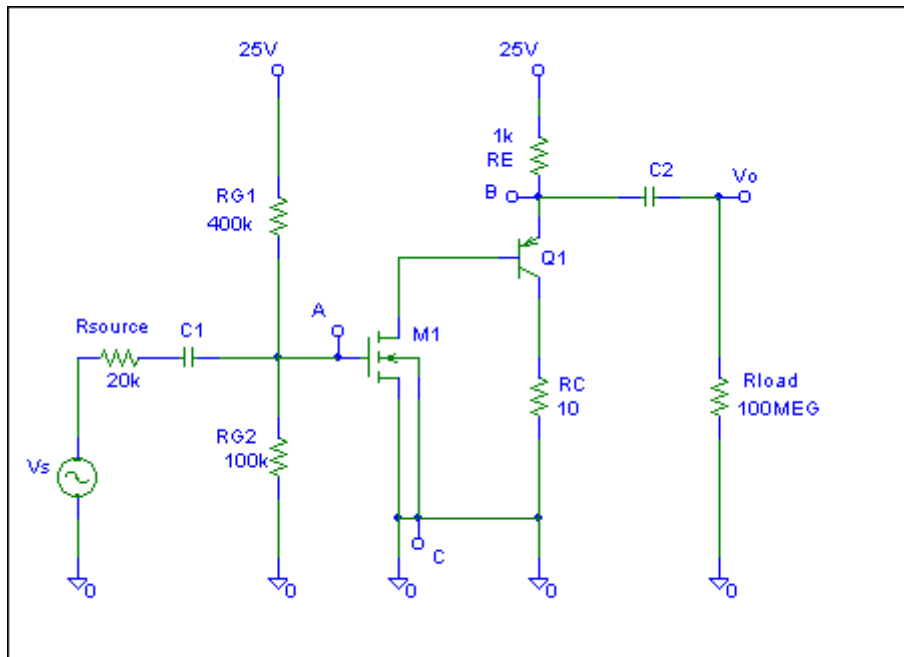


1. irudia

Normalean erresistentzia oso txikia izaten denez, Q2 transistorearen base-igorle tentsioa nahiko baxua izaten da (< 250 mV). Beraz, transistore hori ia etenaldian egoten da, eta, praktikan, kendu egin daiteke.

- a) $V_T = 4$ V, $I_{DSS} = 1$ mA, $\beta = 100$ eta $R = 10$ Ω badira, kalkulatu zenbat den V_{AC} tentsio maximoa, aurreko hurbilketa ontzat emateko.

- b) Aurreko hurbilketa ontzat ematen dela joz gero, IGBTa 2. irudiko zirkuituan erabiltzen da (bertan, Q2 transistorea dagoeneko kendu egin da). Kalkulatu tentsio-irabazia, sarrerako inpedantzia eta irteerako inpedantzia (karga infinitutzat jo daiteke).
- c) Distortsio-iturri bakarra BJTa dela joz gero, marraztu irteera, sarrerako seinalea $V_s(t) = 800 \text{ mV} * \sin(2\pi \cdot 100 \cdot t)$ izango balitz. Sarrerako eta irteerako seinaleen balio adierazgarrienak agerian utzi.



2. irudia

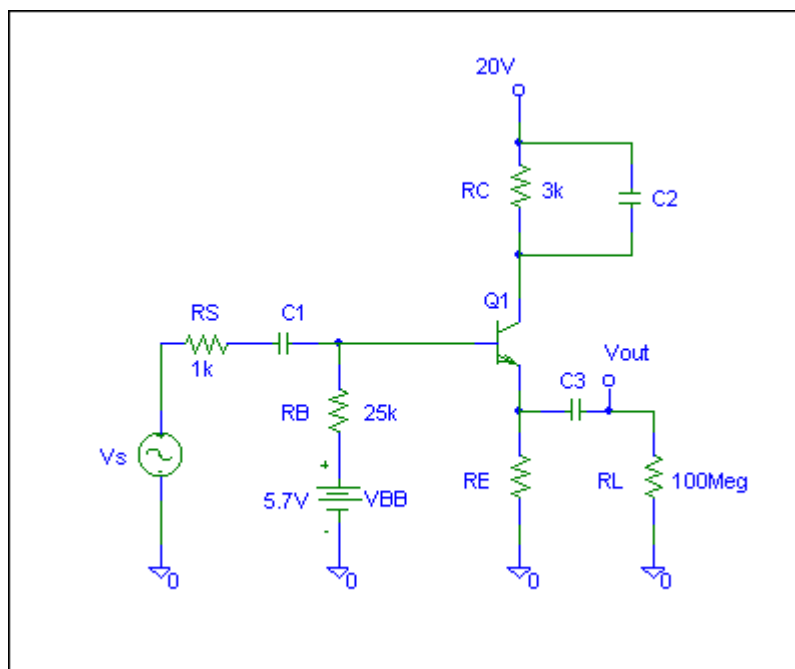
Kolektore komuneko anplifikadorea

Noiz: 2001eko ekaina (2p) - **Atalak:** Transistore bipolarra

Irudian agertzen den zirkuituan, kalkulatu tarte dinamikoa maximoa egiten duen R_E balioa. Zenbat da zirkuituaren irabazia? Zenbat da beraren sarrerako inpedantzia? Eta irteerakoa? Zertarako izango litzateke baliagarria zirkuitu hau?

DATUAK: $\beta = 100$ eta $V_{BE} = 0,7\text{ V}$

OHARRA: Kargaren inpedantzia infinitutzat jo daiteke.



1. irudia

Iturri komuneko anplifikadorea (JFETa)

Noiz: 2001eko ekaina (2p) - **Atalak:** Eremu-efektuko transistorea

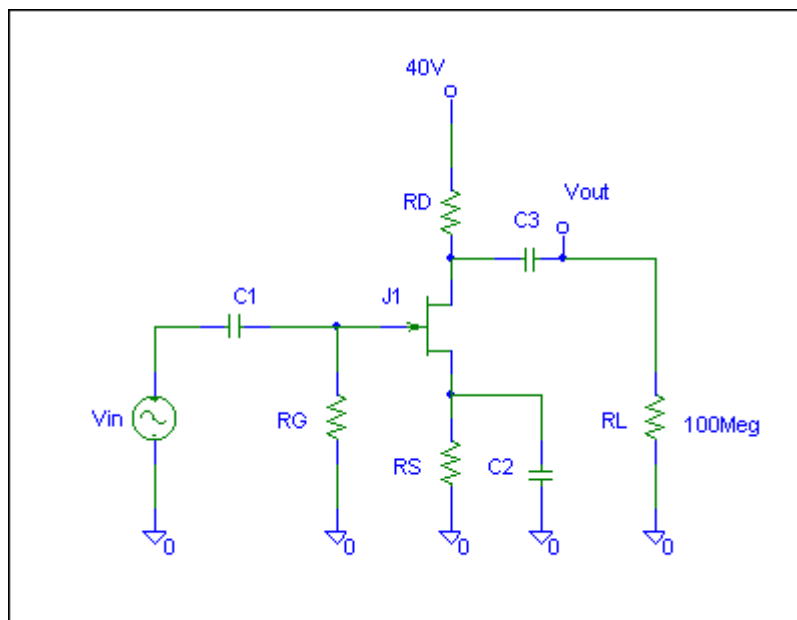
Kalkulatu R_G , R_D eta R_S irudian agertzen den zirkuituak ezaugarri hauek izan ditzan:

- Irteerako inpedantzia = $1\text{ k}\Omega$
- Sarrerako inpedantzia = $100\text{ k}\Omega$
- Irabazia (balio absolutuan) = 20

Kalkulatu irteerako seinalean, etenaldian sartzearen ondorioz eta eskualde gradualean sartzeagatik, distorsioa sortzen duten v_i -ren balioak.

DATUAK: $|I_{DSS}| = 100\text{ mA}$ $|V_T| = 4\text{ V}$

OHARRA: Kargaren inpedantzia infinitutzat jo daiteke.



1. irudia

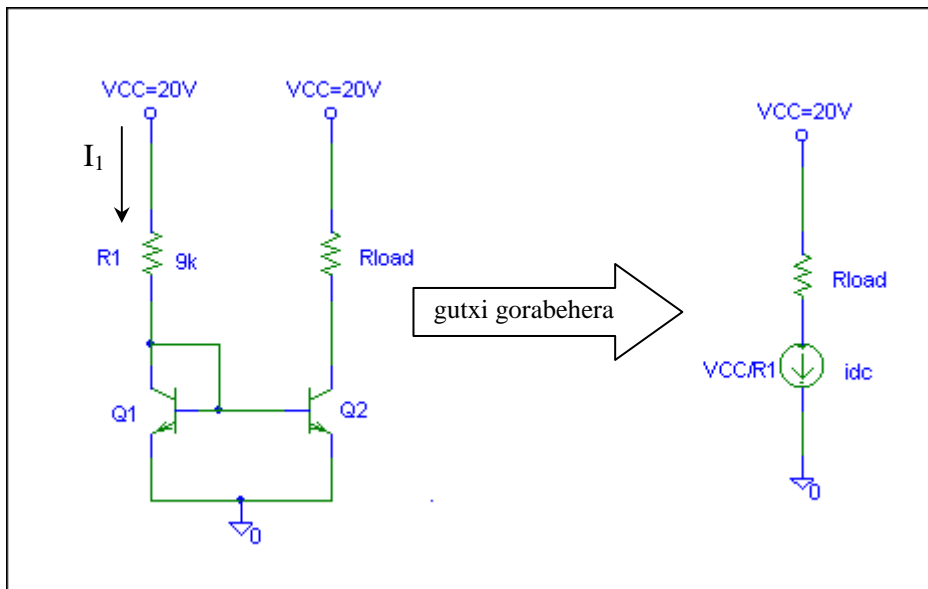
Korronte-ispilua: transistoreen polarizazioa eta Ebers-Moll

Noiz: 2001eko ekaina (2p) - **Atalak:** Transistore bipolarra

Irudiko eskemari "korronte-ispilu" deritzo eta zirkuitu integratuetan korronte-sorgailu bat lortzeko erabiltzen da: zirkuituak kargan, gutxi gorabehera, V_{CC}/R_1 intentsitatea finkatzen du R_{load} -en balioa edozein dela ere. Eskatzen da:

- Q1 eta Q2 berdin-berdinak direla kontuan harturik, kalkulatu zehatz-mehatz I_1 eta I_{C2} korronteen balioak, bai eta bien arteko erlazioa ere. Q2 modu aktiboan dagoela jotzen da.
- Kalkulatu Q2 aktiboan polarizatzea baimentzen duten R_{load} -en balioen tartea.

DATUAK: $I_{ES} = 1 \text{ pA}$ $I_{CS} = 3 \text{ pA}$ $\alpha_R = 0,33$



1. irudia

Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisia

Noiz: 2001eko ekaina (1p) - **Atalak:** Erdieroalea

$w = 10 \mu\text{m}$ -ko luzera eta gainazal ohmikoak dituen N motako siliziozko lagin bat daukagu. Lagin honetan, G_L ($e^- h^+$) pare / $\text{cm}^3 \cdot \text{s}$ sortzeko ahalmena duen argi batek jotzen du, baina gainazal islatzaile batek eskuineko eskualdera iristea eragozten dio argiari, eta laginaren zati hori ilunpean uzten du. Hau eskatzen da:

- Kalkulatu eta irudikatu lagineko minoritarioen soberakina, eta adierazi baliorik interesgarrienak.
- Kalkulatu eta irudikatu laginaren puntu guztietako minoritarioen fluxua.

DATUAK:

$$\tau_p = 1 \text{ ms}$$

$$N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$$

$$\mu_p = 400 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$$

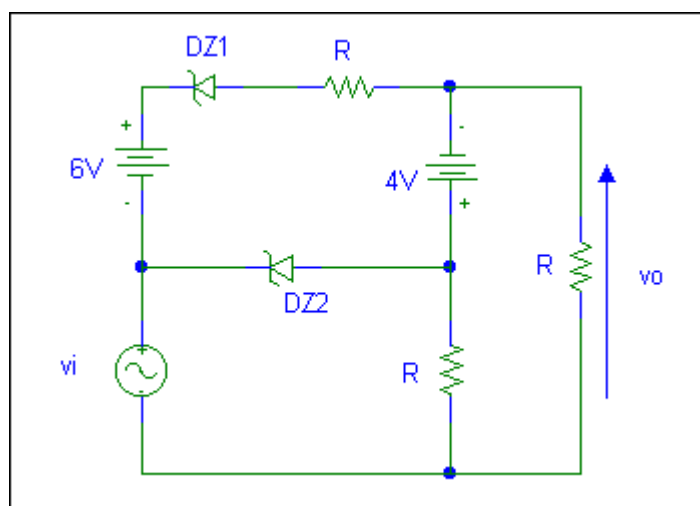
$$n_i^2 = 10^{20} \text{ cm}^{-6}$$

$$G_L = 1,6 \cdot 10^{21} \text{ cm}^{-3}/\text{s}$$

Transferentzia-kurbak

Noiz: 2001eko ekaina (1p) - Atalak: Diodoa

Kalkulatu eta marraztu irudiko zirkuituaren transferentzia-kurba, diodoen haustura tentsioa $V_z = 4\text{ V}$ bada (diodoak idealak dira).



1. irudia

Galdera teorikoak

Noiz: 2001eko ekaina (1p) - **Atalak:** Erdieroalea eta diodoa

Ihardetsi, erantzuna arrazoituz, honako galdera hauei:

- a) Azaldu erdieroale intrintseko eta erdieroale estrintsekoen arteko oinarrizko ezberdintasunak.
- b) Zer esan nahi du masa-ekintzaren legeak? Noiz aplikatu daitezke?
- c) Erdieroale batean, Ohm-en legea betetzen da?
- d) $d_1 \rightarrow$ Zenbateko korrontea pasatzen da alderantziz polarizaturiko pn junturako diodo batetik? Zein da korronte hori elikatzen duen barneko mekanismoa? Nola areagotu dezakegu korronte hori kanpotik eta, kasu honetan, zein izango litzateke hazkunde maximoa lortzeko egoerarik egokiena?
 $d_2 \rightarrow$ pn junturako diodo bat polarizatzen badugu eta, gainera, argizatzen badugu, nola lor daitezke korrontea hutsa izatea? Gerta litezkeen barneko mekanismoetan oinarriturik arrazoitu erantzuna.
- e) Zer deitzen zaio injekzio-maila baxua? Zer eragin ditu erdieroalearen erreakzioa gobernatzen duen parametroan?

Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisia

Noiz: 2001eko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea

$w = 100 \mu\text{m}$ -ko luzera eta $A = 1 \text{ cm}^2$ -ko azalera dituen siliziozko lagin bat daukagu, eta haren dopaketa ezaguna da: 10^{18} ezpurutasun emale zentimetro kubiko bakoitzeko.

Argi izpi baten bitartez, $x = 3w/4$ gainazala argizatzen da. Ondorioz, erregimen geldikorrean, $10^{16} \text{ e-h+}/\text{cm}^2\text{s}$ -ko sorrera agertzen da.

Dakigunez, $x = 0$ gainazala kontaktu ohmiko bat da, eta $x = w$ gainazala 500 cm/s -ko birkonbinazio-abiaduraz karakterizatzen da.

Hona hemen beste datu interesgarri batzuk:

$$\tau_p = 800 \mu\text{s}$$

$$\tau_n = 10 \mu\text{s}$$

$$\mu_p = 400 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

$$\mu_n = 1200 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

$$D_n = 30 \text{ cm}^2/\text{s}$$

- Kalkulatu eta marraztu minoritarioen profila.
- Kalkulatu laginean gertatzen diren birkonbinazioak $\text{e-h+}/\text{s}$ -ko unitatetan, kontzeptu guztiak kontuan harturik.
- Atoiko korrontearen eta eremuaren adierazpenak lortu, lagina zeharkatzen duen korrontearen funtziopean. Kalkulatu zirkuitu irekiko tentsioa eta zirkuitulaburreko korrontearen balioak.

Diodo baten analisia polarizaziopean

Noiz: 2001eko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea eta diodoa

Siliziozko pn junturazko diodo baten analisitik, hurrengo orrialdeko irudian agertzen den minoritarioen profila lortu da. Diodoari buruz, beste parametro hauek ezagutzen ditugu:

ANODOAN:

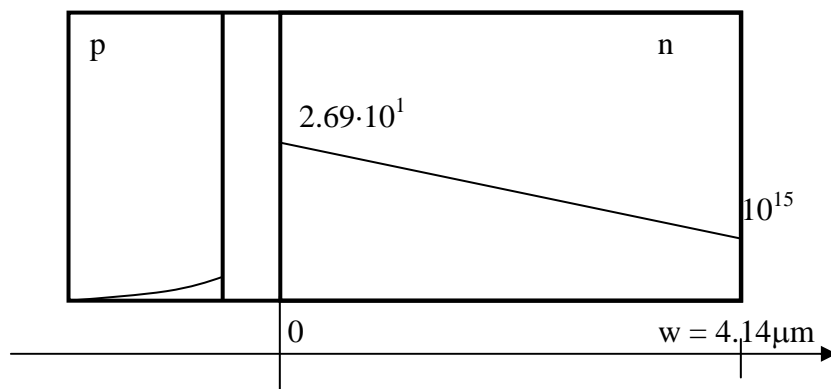
$$N_A = 1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$$

KATODOAN:

$$N_D = 1 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3} \quad \mu_p = 300 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s} \quad L_p = 200 \text{ }\mu\text{m} \quad \text{Azalera} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2$$

SILIZIOAREN DATUAK:

$$n_i (\text{Ta}) = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3} \quad \epsilon_{r\text{Si}} = 11,8 \quad \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-14} \text{ F/cm}$$



1. irudia

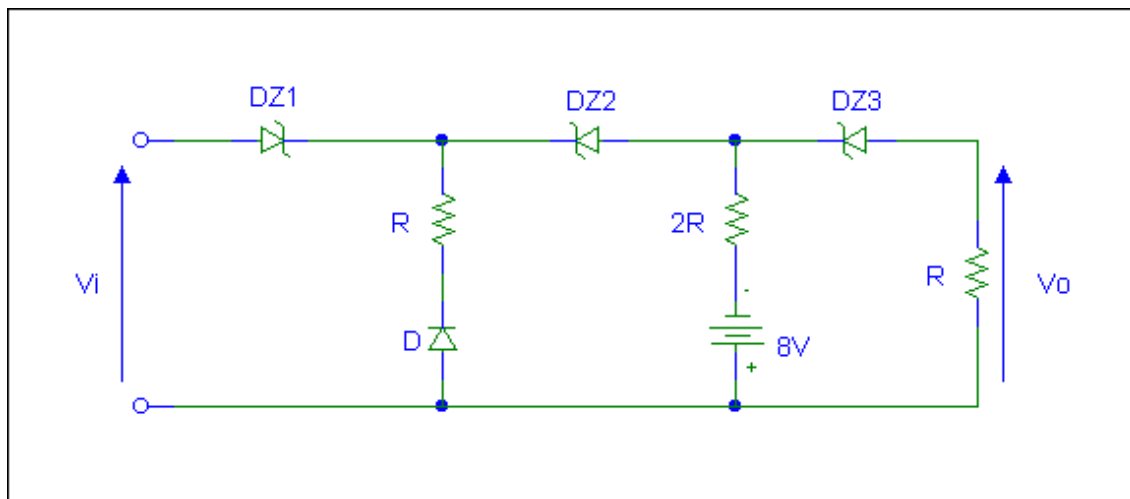
Kalkulatu:

- Hustutako eskualdearen zabalera oreka termodinamikoan.
- Irudian agertzen den minoritarioen profila edukitzeko gailuan aplikatu beharreko tentsioa eta korronea (balioa eta polaritatea).
- Katodoko birkonbinazio-korrone osoa, egindako hurbilketa errazgarriak egiaztatuz.
- Zer motatakoa da katodoko kontaktua? Karakteriza ezazu.
- Katodoko kontaktua ohmikoa izango balitz, zer gertatuko litzateke diodoaren ukondoko tentsioarekin? Nolakoa izango litzateke, handiagoa ala txikiagoa? Arrazoitu erantzuna.
- Kalkulatu zer polarizazio-tentsio aplikatu behar den junturako kapazitateak bere balio minimoa hartzeko. Tentsio hori aplikatuz gero, irudikatu hustutako eskualdean lortzen den eremu elektrikoaren profila eta adierazi baliorik adierazgarrienak.

Transferentzia-kurbak

Noiz: 2001eko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Diodoa

Irudiko zirkuituan erabili diren diodoak idealak dira, eta zener diodoen hausturatsioa $V_z = 4\text{ V}$ da. Kalkulatu eta irudikatu zirkuituaren transferentzia-kurba.



1. irudia

1999/2000

ikasturtea

Argiztaturiko diodo baten analisisia

Noiz: 2000ko iraila - **Atalak:** Erdieroalea eta diodoa

Silizio monokristalinoz egindako p⁺n diodo oso asimetriko bat dugu. Katodoko minoritarioen difusio-luzera, katodoaren beraren **w** zabalera baino askoz handiagoa da eta beraren kontaktuan dagoen gainazaleko birkonbinazio-abiadura infinitua da.

Eskualde dipolarretik **d** distantziara dagoen katodoaren zeharkako sekzioa fotoi infragorriko izpi estu batez argiztatzen da. Argiztapen horrek, erregimen geldikorrean, **G_s** e⁻-h⁺ pare sortzen ditu cm² eta segundo bakoitzeko uniformeki sekzio horretan.

a) Diodoa zirkuitulaburrean dagoelarik:

1. Kalkulatu eta irudikatu katodoan dagoen minoritarioen profila.
2. Kalkulatu gailua zeharkatzen duen korronte garbiaren zenbatekoa eta noranzkoa.
3. Kalkulatu eta irudikatu katodoan zehar dauden korronte osoa eta elektroien eta hutsune-korronteak, eta adierazi ebazpena errazteko erabilitako hipotesiak.
4. Korronte osoa maximoa izateko, arrazoitu katodoaren zein tokitan argiztatu beharko genukeen. Eta korrontea nulua izateko?

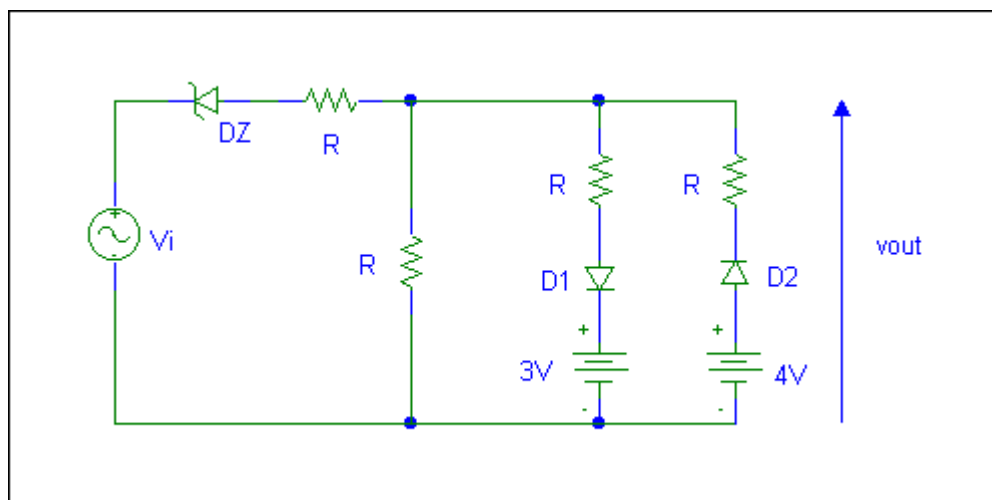
b) Diodoa zirkuitu irekian dagoelarik:

1. Kalkulatu eta irudikatu katodoan dagoen minoritarioen profila.
2. Kalkulatu zirkuitu irekiko tentsioa izpiaren posizioaren arabera.

Transferentzia-kurbak

Noiz: 2000ko iraila - Atalak: Diodoa

Kalkulatu eta marraztu irudian agertzen den zirkuituaren transferentzia-kurba, baldin eta diodo guztiak idealak badira eta Zener diodoak —berdin berdinak— $V_Z = 5\text{ V}$ tentsioaz karakterizatzen badira.

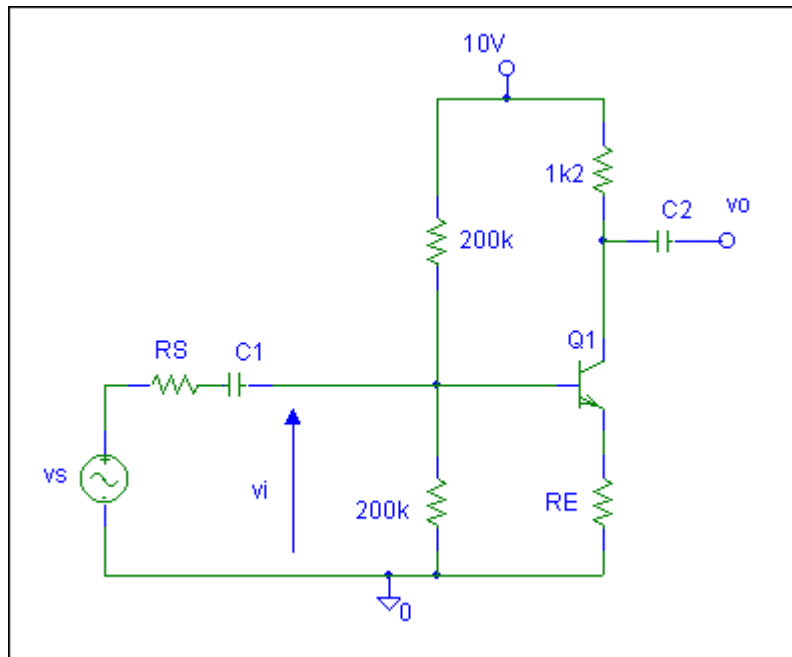


1. irudia

Igorle komuneko amplifikadorea

Noiz: 2000ko iraila - **Atalak:** Transistore bipolarra

Beheko zirkuituak R_E erresistentziaren arabera duen portaera analizatu nahi dugu.



1. irudia

DATUAK: $\beta = 100$, $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$, $h_{ie} = 1 \text{ k}\Omega$.

Eskatzen da:

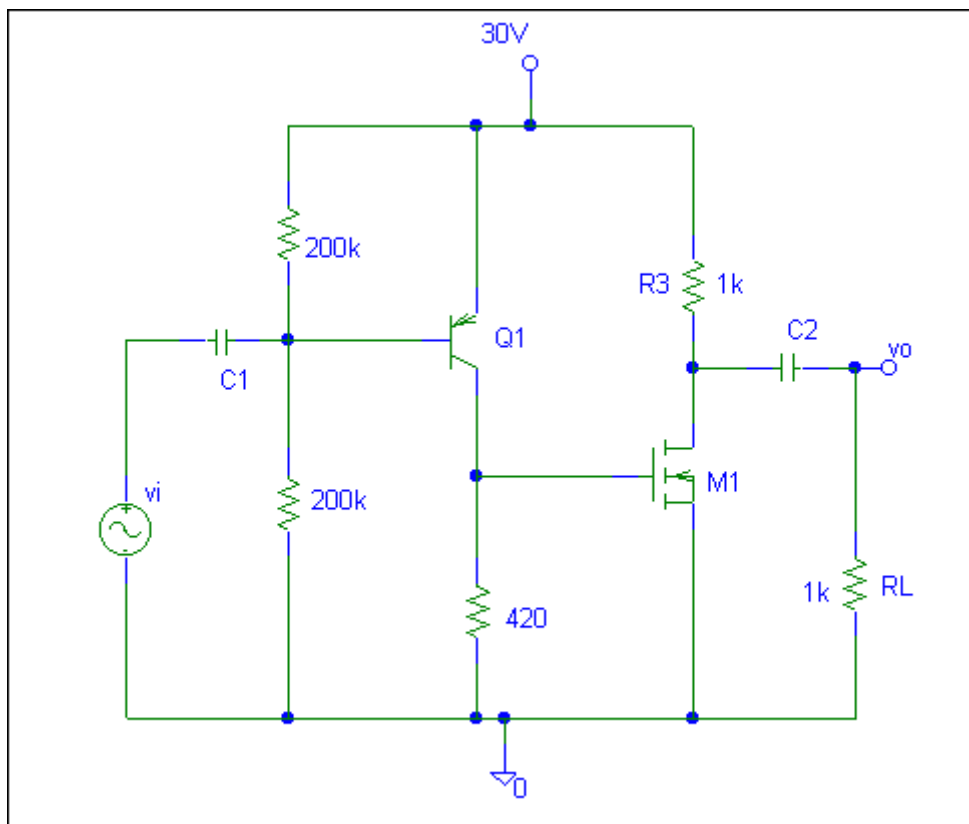
- R_E erresistentziaren balioa, tarte dinamiko maximoa izateko.
- R_E erresistentziaren balioa, zirkuitu amplifikatzailearen tentsio-irabazia (v_o/v_i) maximoa izateko.
- Kasu bakoitzeko, kalkulatu zirkuitu amplifikatzailearen sarrerako inpedantzia.
- Zenbat da, kasu bakoitzeko, lortutako irabazi osoa $R_S = 10 \text{ K}\Omega$ bada?
- R_S erresistentziaren balioa, irabazi osoa zirkuitu amplifikatzailearen irabaziaren erdia izateko (kasu bakoitzeko).
- Lortutako emaitzei begira, zein R_E jarriko zenuke? a) atalean lortutakoa edo b) atalekoa? Arrazoitu erantzuna.

Bi etapako amplifikadorea

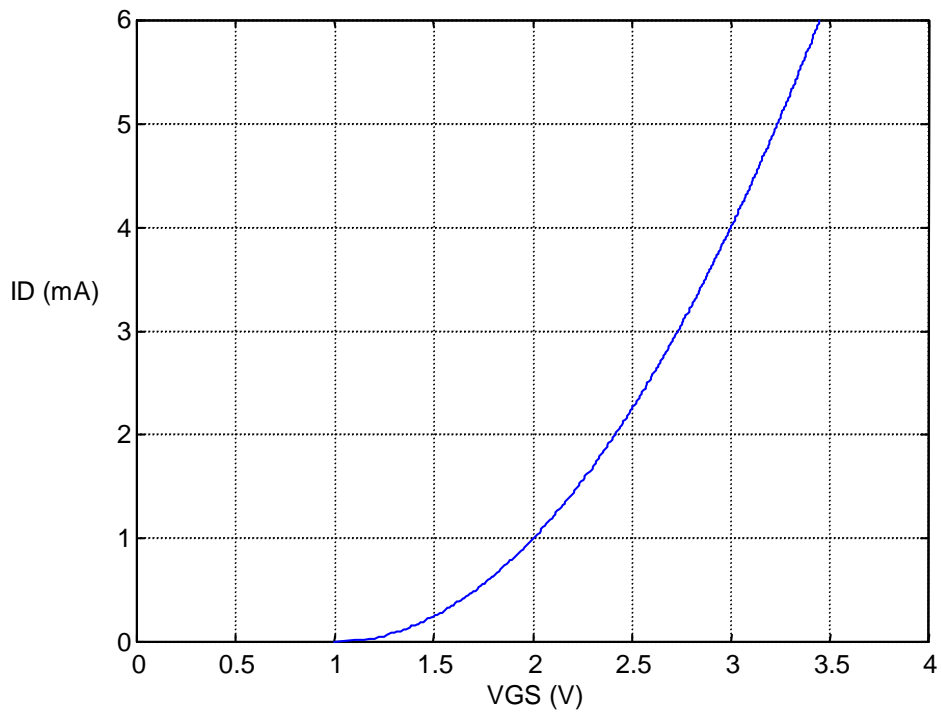
Noiz: 2000ko iraila - **Atalak:** Transistoreak

Irudian agertzen den BJT transistorea, $\beta = 50$ eta $|V_{BE}| = 0,7 \text{ V}$ parametroez karakterizatzen da, eta, MOSFETaren portaera ezagutzeko, asetasuneko kurba daukagu. Kalkulatu:

- I_{DSS} -ren balioa.
- Bi transistoreen lan-puntua.
- Tentsio-irabazia.
- Sarrerako eta irteerako inpedantziak.



1. irudia



2. irudia

Igorle komuneko anplifikadorea

Noiz: 2000ko ekaina (2p) - **Atalak:** Transistore bipolarra

Irudian agertzen den zirkuituan, transistorearen datuak honako hauek dira:

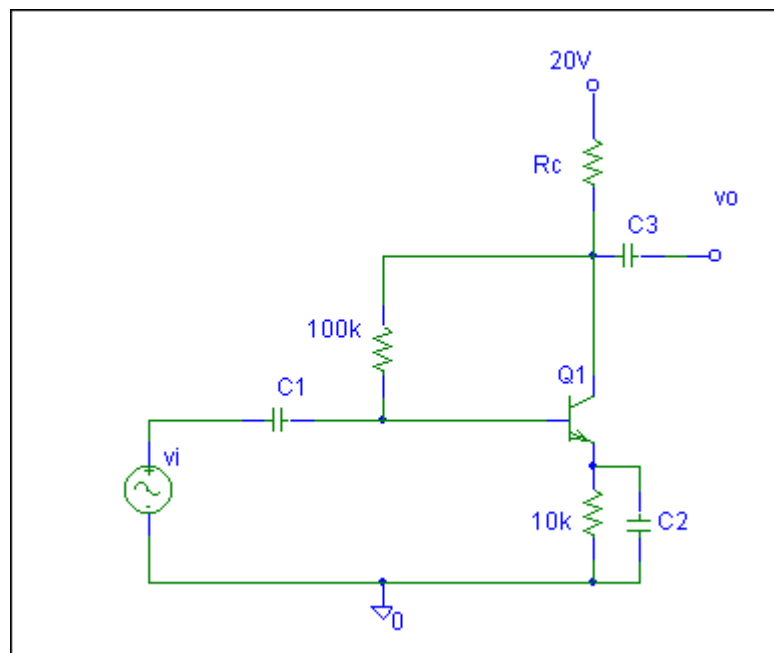
$$V_{BE} = 0 \text{ V}$$

$$h_{fe} = 100$$

$$h_{ie} = 1 \text{ k}\Omega$$

Gainera $C_1 = C_2 = C_3 = \infty$

- Polarizazioko kolektore-korrontea R_C -ren funtzio moduan lortu.
- Polarizazioko kolektore-igorle tentsioa R_C -ren funtzio moduan lortu.
- Kalkulatu tarte dinamikorik zabalena lortzeko behar den R_C erresistentzia.



1. irudia

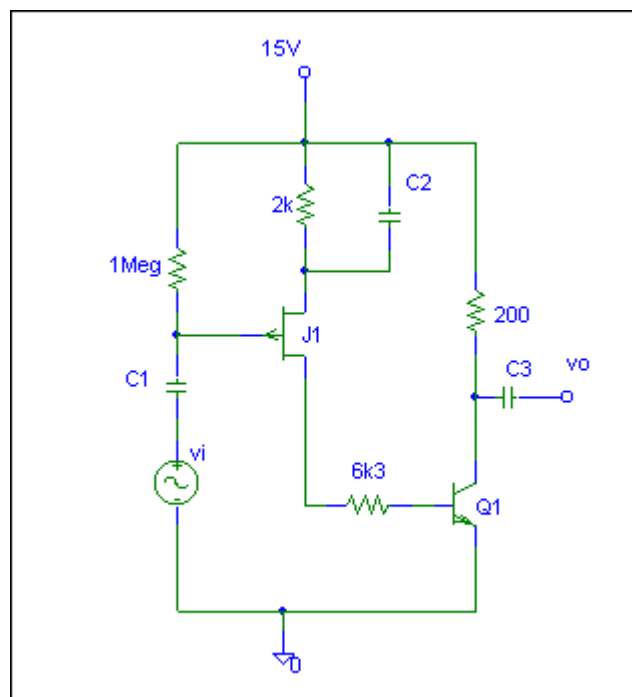
Bi etapako amplifikadorea

Noiz: 2000ko ekaina (2p) - Atalak: Transistoreak

Hurrengo orrialdean agertzen den zirkuituan, $C_1 = C_2 = C_3 = \infty$.

Gainera, badakigu FET-ak $|V_T| = 4 \text{ V}$ eta $|I_{DSS}| = 4 \text{ mA}$ ezaugarriak dituela eta transistore bipolarrarentzat $|V_{BE}| = 0,7 \text{ V}$ eta $\beta = 50$ betetzen dela.

- Kalkulatu FETaren eta BJTaren lan-puntuak.
- Kalkulatu tentsio-irabazia.
- Kalkulatu sarrerako eta irteerako inpedantziak.



1. irudia

Transistore bipolarren polarizazioa: Ebers-Moll eredua

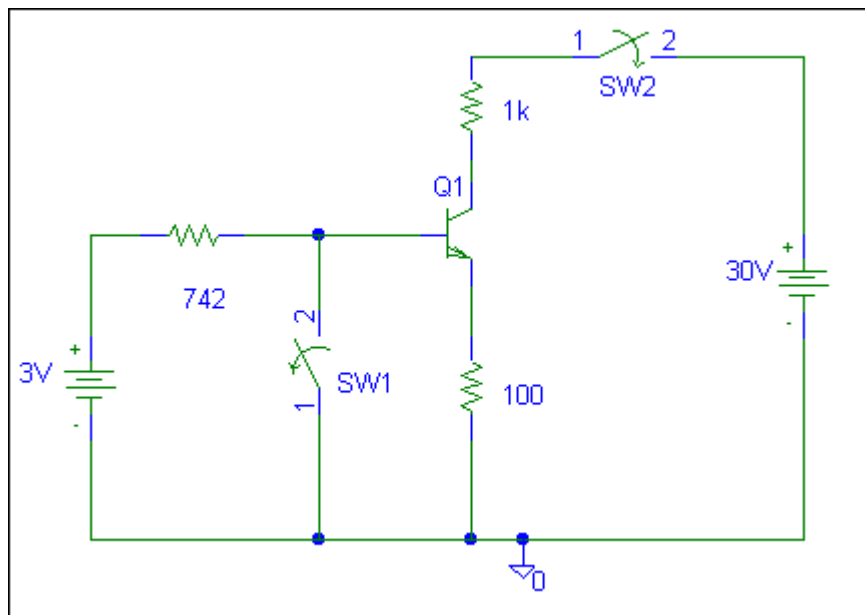
Noiz: 2000ko ekaina (2p) - **Atalak:** Transistore bipolarra

Irudiko zirkuituan neurrak batzuk hartu ditugu bi egoeratan:

I egoera: SW1 ON, SW2 ON $I_C = 3,6 \text{ pA}$ $I_B = -2,52 \text{ pA}$

II egoera: SW1 OFF, SW2 OFF $I_E = -2,91 \text{ mA}$

- Kalkulatu transistorearen I_{ES} , I_{CS} , α_F eta α_R parametroak.
- SW1 OFF eta SW2 ON egoeran, kalkulatu transistorearen lan-puntua.



1. irudia

Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisisia

Noiz: 2000ko ekaina (1p) - Atalak: Erdieroalea

N motako erdieroale batean bi eskualde ditugu:

I ESKUALDEA: Bolumeneko birkonbinazioaren berri L_p -k ematen du.

II ESKUALDEA: Bolumeneko birkonbinazioaren berri $\tau_p \sim \infty$ -k ematen du.

Bi eskualdeen arteko muga $x = L_p$ gainazalean dago, eta bertako birkonbinazio-abiadura S da.

$x = 0$ ertzean, erregimen geldikorrean, $p'_n(0)$ minoritarioen soberakina mantentzen da, eta laginaren beste ertza, $x = w$, pasibatuta dago.

- Lortu lagin osoan zehar dugun minoritarioen profila.
- Marraztu eta kalkulatu lagineko minoritarioen profila, $x = L_p$ gainazaleko birkonbinazio-abiaduraren muturreko bi kasuetarako; hau da, $S = 0$ y $S = \infty$ kasuetarako.
- $x = L_p$ gainazalean $S = 0$ den kasuan, kalkulatu $x = 0$ ertzean dugun minoritarioen fluxua eta I eskualdean gertatzen den birkonbinazioa. Analizatu emaitza.

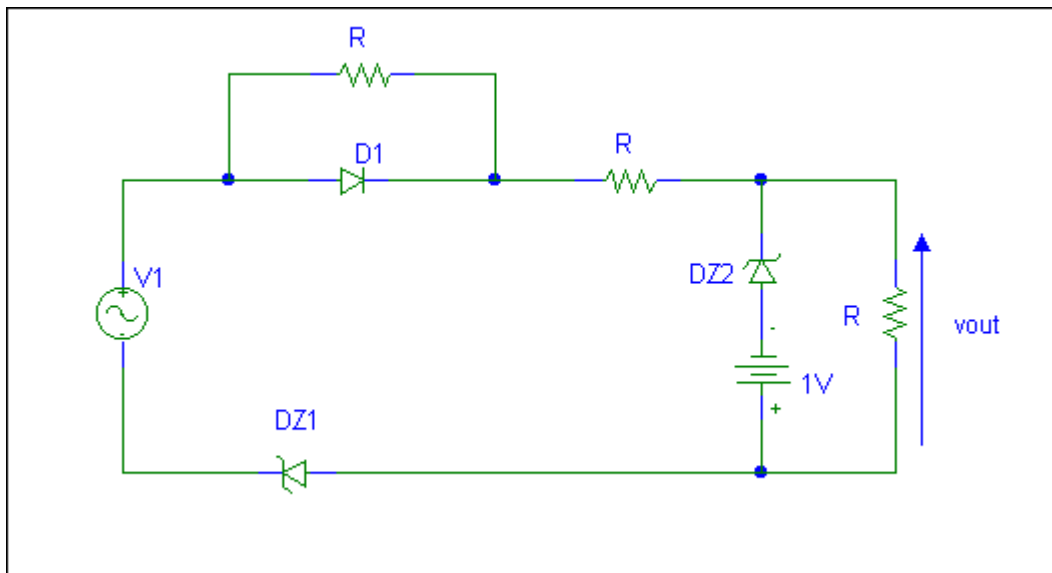


1. irudia

Transferentzia-kurbak

Noiz: 2000ko ekaina (1p) - Atalak: Diodoa

Lortu irudian agertzen den zirkuituaren transferentzia-kurba. D1 diodoa idealtzat jo daiteke eta bi Zener diodoak berdin-berdinak dira, $V_z = 5\text{ V}$ ezaugarriarekin.



1. irudia

Diodo baten analisia argipean

Noiz: 2000ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Erdieroalea eta diodoa

Siliziozko PN junturako diodo baten ezaugarri hauek dakizkigu:

ANODOA

$$w_A = 100 \mu\text{m}$$

$$N_A = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$$

$$\tau_n = 10 \text{ ns}$$

$$D_n = 30 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$\text{Azalera} = 1 \text{ cm}^2$$

KATODOA

$$w_C = 100 \mu\text{m}$$

$$N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

$$L_p = 5 \mu\text{m}$$

$$\mu_p = 400 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$$

$$n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

- a) Bi kontaktuak erabat pasibaturik daude, baina, hala ere, korronteari ez diote serieko erresistentziarik oposatzen. Kalkulatu diodoaren asetasun-korrontea.

Jarraian, diodoaren anodoa zentimetro kubikoko eta segundoko $G_L = 3.4 \cdot 10^{20}$ pare sortzen dituen irradiazio batez argizatzen dugu era uniformean.

- b) Zirkuitulaburrean, kalkulatu eta irudikatu bi eskualdeetako eramaileen soberakinen profilak eta gailua zeharkatzen duen korrontea.
- c) Kalkulatu eta irudikatu argiztaturiko diodoaren I-V ezaugarria.

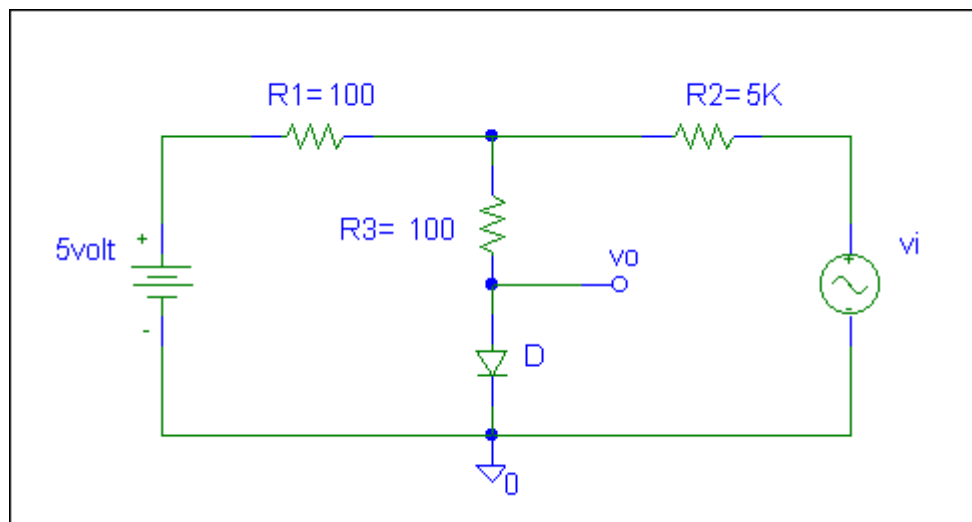
Argiztapena mantentzen delarik, diodoaren kontaktuen artean erresistentzia bat konektatzen da.

- d) Kalkulatu erresistentziaren balioa zirkuitua zeharkatzen duen korrontea 5 mA bada.

Diodoa seinale txikiko erregimenean

Noiz: 2000ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Diodoa

Irudian agertzen den zirkuituaren irteerako tentsioa kalkulatu sarrerako tentsioa $v_i(t) = 10 \sin(\omega t)$ volt bada. Diodoaren aresetasun-korrontea 1 pA da, eta eskualde neutroen eta kontaktuen serieko erresistentzia 5Ω da.

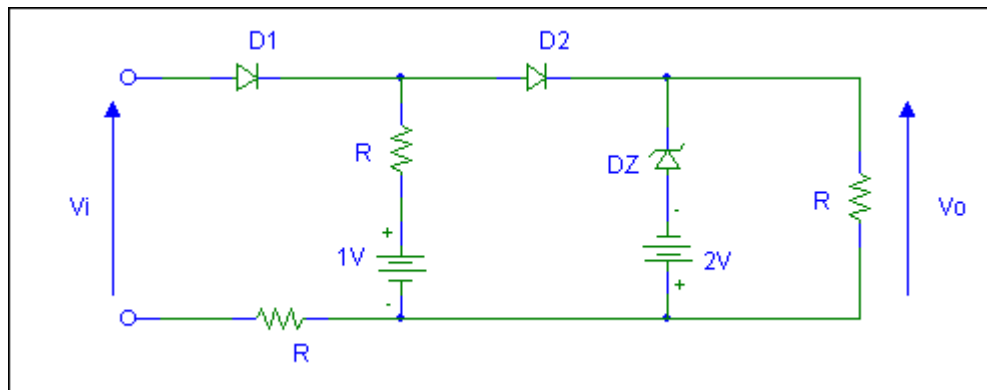


1. irudia

Transferentzia-kurbak

Noiz: 2000ko otsaila (lehenengo partziala) - **Atalak:** Diodoa

Irudiko zirkuituan agertzen diren D1 eta D2 idealak badira eta Zener diodoak 5 V-eko haustura-tentsioa agertzen badu, kalkulatu eta marraztu zirkuituaren transferentzia-kurba.



1. irudia

1998/1999

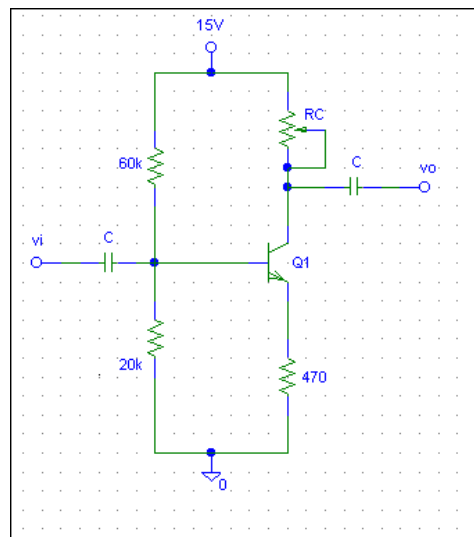
ikasturtea

Transistore bipolarren polarizazioa: Ebers-Moll eredua

Noiz: 1999ko ekaina (2p) **Atalak:** Transistore bipolarra

Bigarren irudian agertzen den zirkuituan, R_c kolektoreko erresistentzia doituz, transistorea asetasuneko eskualdeko mugara heldu da. Egoera horretan dagoen base-igorle tentsioa neurtu da, eta $V_{BE} = 0,7$ V da. Zirkuituan erabiltzen den transistorearen sarrerako I-V ezaugarria eta $|I_{EO}| = 2,8 \cdot 10^{-3}$ pA parametroa ezagutzen dira.

- Marratzu Ebers-Mollen zirkuitu baliokidea.
- Kalkulatu BJTaren α_F , I_{ES} , α_R eta I_{CS} parametroak.
- $I_C = \beta I_B + (\beta + 1) I_B$ erlazioa betetzen al da? Arrazoitu erantzuna.
- Kalkulatu R_c erresistentziaren balioa.



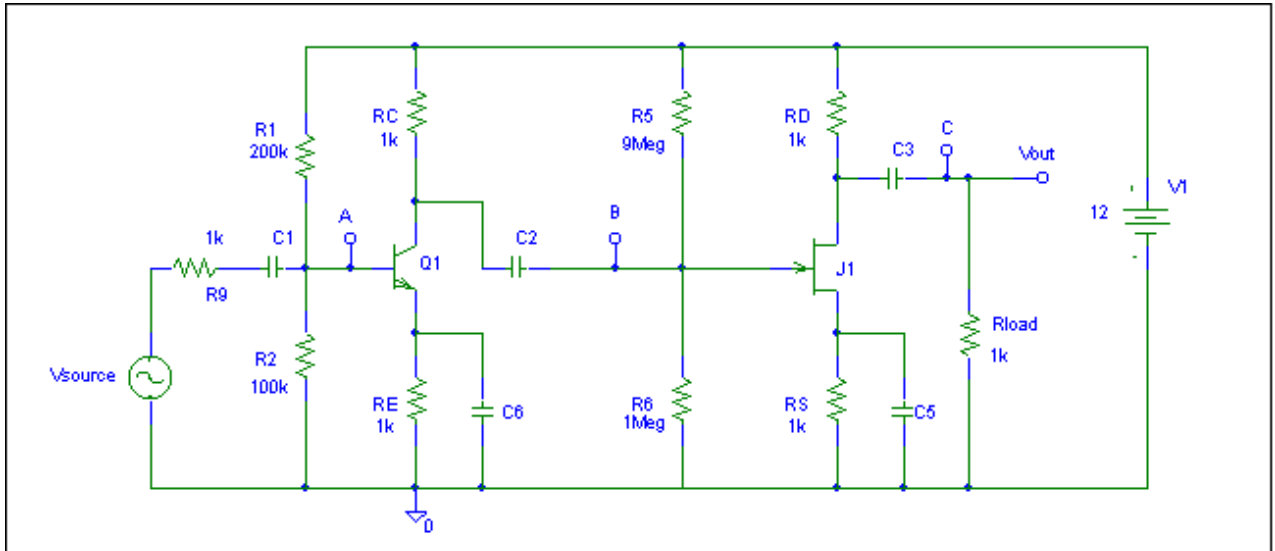
1. Irudia

Bi etapako amplifikadorea

Noiz: 1999ko ekaina (2p) **Atalak:** Transistore bipolarra

Irudian agertzen den zirkuituko transistoreen datuak hauek dira:

$$\text{BJT: } \beta = 175, V_{BE} = 0,6 \text{ V}; \text{ JFET: } |V_T| = 3 \text{ V}, |I_{DSS}| = 12 \text{ mA}.$$



1. irudia

Kalkulatu:

- Bi transistoreen lan-puntua
- Sistemaren tentsio-irabazia sarrerako sorgailuaren barne-impedantzia $R_9 = 1 \text{ k}$ bada
- Sarrerako eta irteerako impedantziak
- Sarrerako etapa moduan JFET-arena eta irteerako etapa gisa BJT-arena erabiltzen dituen sistema muntatzen da (hau da, FET-aren etapa —B eta C artekoa— eta BJT-arena —A eta B puntuen artekoa— trukutzen dira). Kalkulatu sistema berriaren tentsio-irabazia eta sarrera eta irteerako impedantziak. Zer ondorioztatzen da?
- Jatorrizko eskeman, bigarren etapa deskonektatzen da (B puntuan zirkuitua irekitzen dugu).
 - zein da BJTa etenaldian sartzeko behar den $v_s(t)$ balioa? Eta asetasunera eramateko?
 - BJTaren tarte dinamikoa zabaltzeko asmoz, RC aldatuko dugu: zer balio aukeratuko zenuke?
- Bigarren etaparen irabazia igotzearen, (bakarrik) R_6 erresistentziaren balioa aldatu nahi dugu. Zein baliotarantz ($0, \infty$)? Mugarik al dago?

Erdieroalezko lagin bateko soberakinaren analisia

Noiz: 1999ko ekaina (1p) **Atalak:** Erdieroalea

Erdieroalezko lagin baten parametroak, inguru-tenperaturan, hauek dira:

$$n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

$$N_A = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

$$\tau_n = 10^{-7} \text{ s}$$

- Orekako elektroien eta hutsune kopuruak kalkulatu.
- Lagina aspalditik (denbora $-\infty$ zenetik) eta irradiazio sarkor batez argizatuz, bolumenean sorrera uniformeak eragiten da: $G_L = 10^{14} \text{ e}^- \text{ h}^+ / (\text{cm}^3 \cdot \text{s})$. Kalkulatu elektroien eta hutsune kopuru berriak (Adierazi zer hipotesi egin diren).
- $t = 0$ unean, argiztapena kentzen da. Kalkulatu eta irudikatu elektroien eta hutsune kopuruaren denborekiko bilakaera. Horretaz gain, kalkulatu oreka termodinamikora itzultzeko behar den gutxi gorabeherako denbora.

Diodoaren ezaugarriaren Shockley-rekiko desbideraketak

Noiz: 1999ko ekaina (1p) **Atalak:** Diodoa

Shockleyren ekuazioak pn diodo ideal baten korrontearen eta tentsioaren arteko erlazioa adierazten du. Diodo errealek, aldiz, ekuazio hori, zehatz-mehatz, tentsioen ardatz positiboko tarte batean baino ez dute betetzen: haiek ebazteko egindako hipotesiak baliagarriak diren tartean, hain zuzen ere. Desbideraketan hiru arrazoi nagusiak injekzio altuko efektuak, hustutako eskualdeko sorrera/birkonbinazioa eta eskualde neutroen serieko erresistentzia izaten dira. Efektu horiek, honako parametro hauek dituen siliziozko juntura latzeko diodo batean analizatuko dira:

ANODOA

$$N_A = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$w_a = 4 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\rho_a = 10^{-2} \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$$

$$L_n = 0,4 \text{ } \mu\text{m}$$

$$A = 4 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2 \quad n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

$$\epsilon_r = 11,7 \quad \epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-14} \text{ F/cm} \quad q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

KATODOA

$$N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$$

$$w_c = 400 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\rho_c = 20 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$$

$$D_p = 20 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$\tau_p = 1 \text{ } \mu\text{s}$$

- Kalkulatu, gutxi gorabehera, injekzio altuan sartzean dagoen korrontedentsitatea.
- Alderantzizko polarizaziopeko korrontean, eskualde dipolarrean gertatzen den sorrera termikoa da nagusi (Shockleyren ekuazioan kontuan hartzen ez den osagai bat, beraz). Lortu korronte-osagai horren adierazpen analitikoa, eskualde dipolarrean gertatzen den sorrera, g , konstantea baldin bada. Alderantzizko polarizazioa 25 V bada eta $g = 10^{15} \text{ e}^- \cdot \text{h}^+/\text{cm}^3 \cdot \text{s}$ bada, kalkulatu korronte hori. Egiaztatu Shockleyren ekuazioak aurreikusten duen I_{SAT} korrontea baino askoz altuagoa dela.
- Eskualde neutroetako serieko erresistentzia I-V ezaugarri kurba aldarazten du, kanpotik aplikatzen den tentsioa ez baita eskualde dipolarreko ertzeetan oso-oso agertzen. Kalkulatu eskualde neutroetako serieko erresistentzia. Zer tentsio aplikatu behar dugu kanpotik diodo erreal honetan korrontea 0,2 mA izan dadin.
- Aurreko efektuak islatzeko, irudikatu diodo idealaren eta errealaren I-V ezaugarriak (grafiko erdilogaritmikoa gomendatzen da).

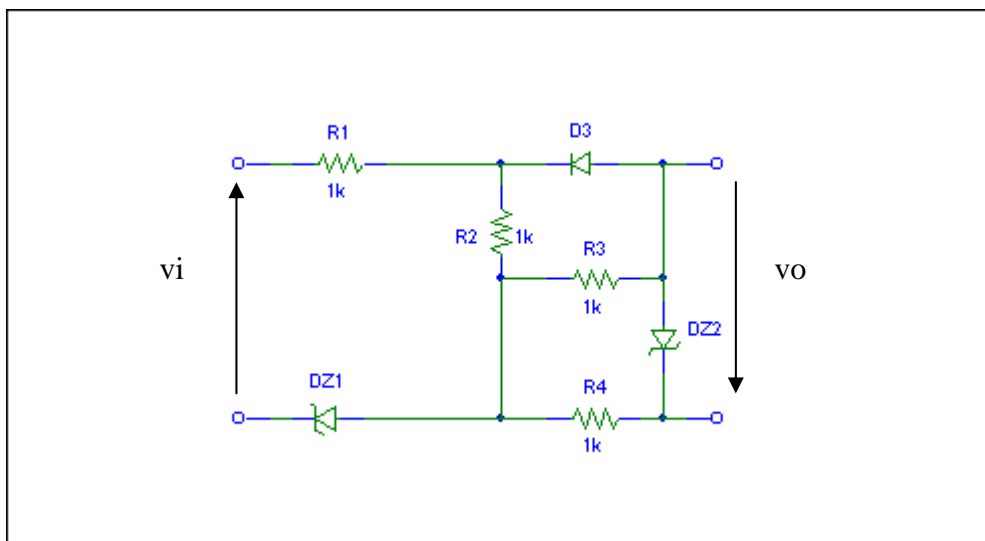
Transferentzia-kurbak

Noiz: 1999ko ekaina (1p) **Atalak:** Diodoa

Analizatu irudian agertzen den zirkuitua eta marraztu transferentzia-kurba. Ondoren, sarrerako tentsioa puntako $V_p = 15\text{ V}$ dituen sinusoidala denean lortzen den irteerako tentsioa (v_o) irudikatu.

DATUAK: D diodoa ideala da

Zener diodoak idealak dira, eta haustura-tentsio hauek dituzte: $V_{Z1} = 3\text{ V}$ eta $V_{Z2} = 7\text{ V}$.



1. irudia

Hustutako eskualdeen analisia eta junturako kondentsadorea

Noiz: 1999ko otsaila (lehenengo partziala) **Atalak:** Diodoa

Siliziozko bi laginez (bakoitzaren zabalera $1\mu\text{m}$ dela) pn juntura bat eraiki nahi dugu. Laginen dopaketak $N_A = N_D = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ dira.

- a) Kalkulatu hustutako eskualdearen zabalera osoa (I) eta zabalera partzialak (I_p eta I_n) oreka termodinamikoan.

Silizioaren datuak: $n_i(T_a) = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $\epsilon_0 = 8,84 \cdot 10^{-14} \text{ F/cm}$, $\epsilon_r = 11,7$

Lehenengo ataleko emaitzan bai n bai eta p eskualdeak eramaile mugikorrez hustuta agertzen zirenez, p eta n eskualdeetako ertzeetan p^+ eta n^+ eskualde bana gehitzen dira, 1.a irudian agertzen denez. Egitura berrian oreka termodinamikoan ditugun dopaketek eta kargak distantziarekin duten bilakaera 1.b eta 1.c irudietan azaltzen dira:

- b) Azaldu, kualitatiboki, kargaren distantziarekiko grafikoa.
- c) Kalkulatu egitura berriaren potentzial termodinamikoa
- d) Deduzitu, koalatiboki, eremu elektrikoaren eta potentzialaren grafikoa egituraren zehar. p^+p eta n^+n interfaseetan dagoen eremu elektrikoaren moduluari E_1 esango diogu, eta pn interfasean (juntura metalurgikoan) dagoen eremu elektrikoaren moduluari E_0 .
- e) Irudikatu $1/C_j^2$, aplikatutako tentsioarekiko. Kontuan hartu $l' \ll w$ dela; hau da, p^+ eta n^+ eskualdeetatik kargazko orriak (karga duten oso eskualde laburrak) agertzen direla eta, nolana ere, l' ez dela ia aldatuko alderantzizko polarizazioan.

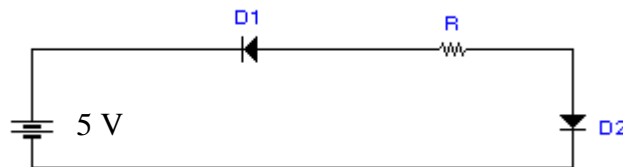
Diodo bateko profilen analisia eta zirkuitu baten ebazpena

Noiz: 1999ko otsaila (lehenengo partziala) **Atalak:** Erdieroalea eta diodoa

Zirkuituan agertzen diren bi diodoak berdin-berdinak dira dopaketa eta geometriari dagokienez. D1 diodoan, aldiz, katodoaren kontaktutik $w/1000$ distantziara dagoen gainazal elkartzuta argi izpi batez argizatzen da (laser batez adibidez), eta $2 \cdot 10^{16}$ e-/h+ pare sortzen dira zentimetro karratu eta segundo bakoitzeko.

Katodoaren kontaktuan, gainazaleko birkonbinazio-abiadura (S) 10^3 cm/s da. Diodoei buruz ezagutzen diren datuak hauek dira:

$$\begin{aligned} q &= 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} & V_T &= 25 \text{ mV} & n_i(T_a) &= 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3} & \text{Azalera} &= 1 \text{ cm}^2 \\ N_A &= 10^{20} \text{ cm}^{-3} \\ N_D &= 10^{12} \text{ cm}^{-3} & D_p &= 10 \text{ cm}^2/\text{s} & \tau_p &= 2,5 \mu\text{s} & w_c &= 0,5 \text{ cm} \end{aligned}$$



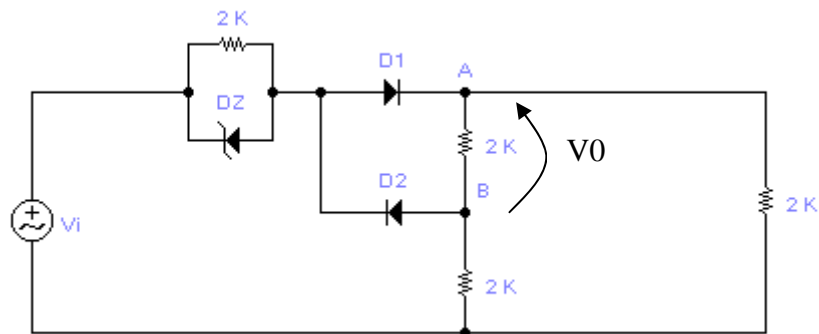
1. irudia

- Kalkulatu eta irudikatu D1 diodoaren katodoan argiaren ondorioz agertzen den *minoritarioen profila*, eta azpimarratu balio adierazgarrienak.
- Kalkulatu katodoan —kontzeptu guztiak direla eta— birkonbinatzen diren eramaileen kopurua.
- Kalkulatu R erresistentziaren balioa, D1 diodoan tentsioa 4,26 V izan dadin.
- D1 isolatu eta argia mantenduz gero, zirkuitu irekiko tentsio bat agertuko litzateke. Zenbat voltetkoa? Eta zirkuitulaburreko korrontea, zenbat izango litzateke? Arrazoitu erantzunak..

Transferentzia-kurbak

Noiz: 1999ko otsaila (lehenengo partziala) **Atalak:** Diodoa

Irudian agertzen den zirkuituan, D1 eta D2 diodoak idealak dira eta Zener diodoaren haustura $V_z = 5\text{ V}$ tentsioan gertatzen da. V_i oso frekuentzia txikiko seinale sinusoidala da, eta haren puntako balioa 20 V da. Kalkulatu eta marraztu transferentzia-kurba.



1. irudia

