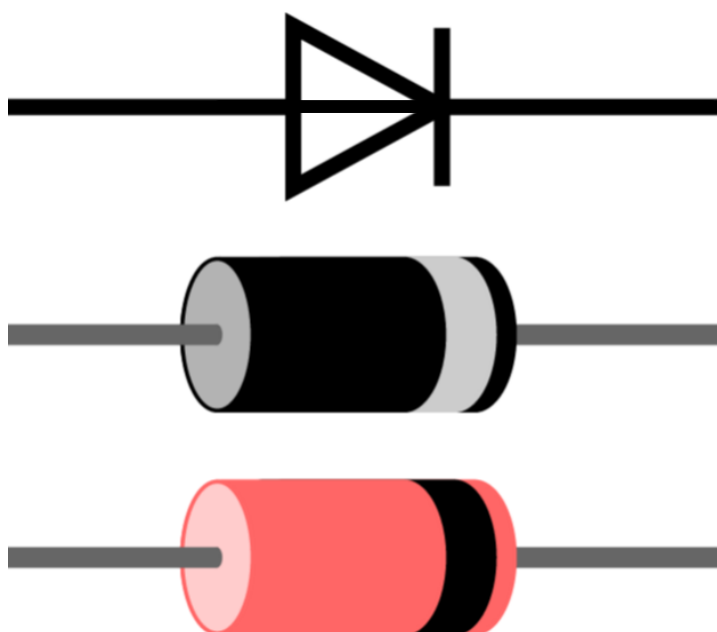


Rafbók



Rafeindafraedi 1. hefti

Díóður

Sigurður Örn Kristjánsson

Bergsteinn Baldursson

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

Þetta hefti er án endurgjalds á rafbókinni.

www.rafbok.is

Allir rafiðnaðarmenn og rafiðnaðarnemar geta fengið aðgang án endurgjalds að rafbókinni.

Heimilt er að afrita textann til fræðslu í skólum sem reknir eru fyrir opinbert fé án leyfis höfundar eða Fræðsluskrifstofu rafiðnaðarins. Hvers konar sala á textanum í heild eða að hluta til er óheimil nema að fengnu leyfi höfundar og Fræðsluskrifstofu rafiðnaðarins.

Höfundar eru Sigurður Örn Kristjánsson og Bergsteinn Baldursson.
Umbrot í rafbók, uppsetning og teikning Báru Halldórsdóttir.

Vinsamlegast sendið leiðréttingar og athugasemdir til höfundar Sigurðar Arnar sqk@tskoli.is og Báru Halldórsdóttur á netfangið bara@rafnam.is

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

Efnisyfirlit

| | |
|--|----|
| 1. Díóður | 3 |
| 1.1 Uppbygging efnis..... | 3 |
| 1.2 Hálfleiðiefnin, germaníum og kísill..... | 3 |
| 1.3 Eðlisfræði hálfleiðiefna díóðunnar | 4 |
| 1.4 Afriðunardíóðan | 7 |
| 1.5 Útreikningar | 11 |
| 1.6 Jafnstraums - og riðstraumsviðnám díóðu | 12 |
| 1.7 Er díóða heil eða ónýt? | 13 |
| 2. Dæmi og spurningar..... | 15 |
| 3. Æfing 1 - Mælingar á kennilínu kísildíóðu | 23 |
| 4. Svör við dæmum og spurningum..... | 29 |

1. Díóður

1.1 Uppbygging efnis

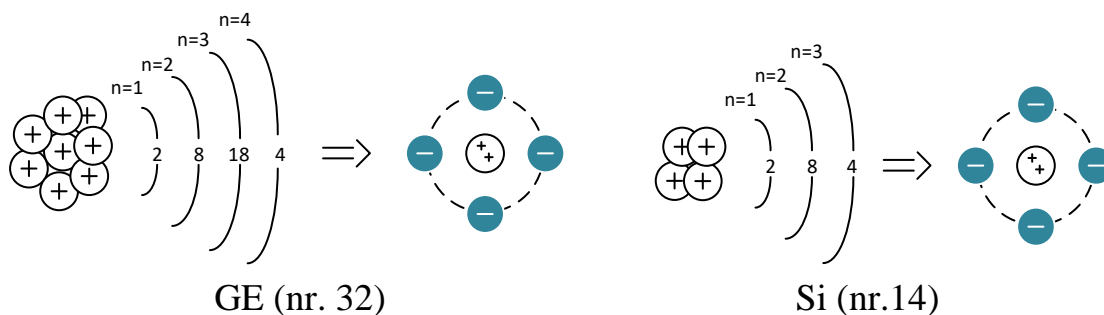
Flest föst efni eru byggð upp þannig að frumeindum og sameindum efnisins er raðað upp í kristal á flókin en skipulagðan hátt þannig að munstrið sem verður til er netlaga. Kristaluppbyggingin er mjög breytileg eftir því hvaða efni er verið að tala um en gildisrafeindir (*valenselektroner*) sameindanna halda munstrinu saman. Gildisrafeindir eru rafeindir frumeindar sem eru á ysta hvolfi (*braut*) hennar.

1.2 Hálfleiðiefnin, germaníum og kísill

Í frumeinda módelinu sést að Germaníum (Ge) hefur sætistöluna 32 og Kísill (Si) hefur sætistöluna 16 og hafa 4 gildisrafeindir enda sitja þær í fjórða aðalflokki lotukerfisins Sjá mynd 1. Þetta má einnig sjá með því að beita reglunni um hámarksfjölda rafeinda á hvolfi sameindar er:

$$\text{Hámarksfjöldi rafeinda} = 2 \cdot n^2$$

$$n = \text{númer brautar talin frá kjarna (1, 2, 3 ...)}$$

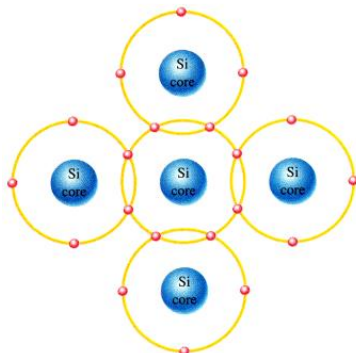


Mynd 1. Deiling hámarksfjölda rafeinda á hvolfi.

Samtenging frumeinda til að búa til kristal, sem eru í fjórða aðalflokki lotukerfisins, skeður þannig að gildisrafeindir nærliggjandi frumeinda deila gildisrafeind með frumeind þar til átturegla hennar er uppfyllt. Sjá mynd 2.

Í hreinum germaníum- eða kísil kristal eru allar gildisrafeindir bundnar í kristalnum og þess vegna er hann túlkaður sem **einangrari**.

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -



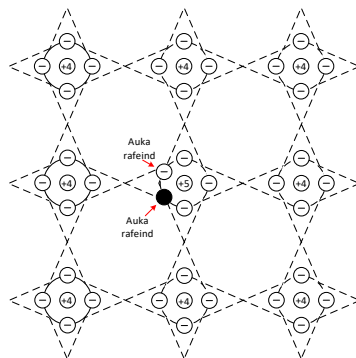
Mynd 2. Átturegla kísilfrumeindar (Si).

Hreint germaníum og kísill er ekki til í náttúrunni. Germaníum finnst í zink- og koparmálmum á meðan kísill er útbreiddasta frumefni á jörðunni sem *kísiloxid* fyrir utan súrefni. Með því að nota mismunandi vinnslu- og hreinsitækin er hægt að minnka fjölda óhreinindafrumeindir í eina fyrir hverja 10^{12} efnisfrumeindir. Í dag er kísill að mestu notað í hálfleiðnihluti eins og t.d. díóður og transistor.

1.3 Eðlisfræði hálfleiðiefna díóðunnar

Eins og fram hefur komið virkar hreinn germaníum og kísill eins og einangrari. Þess vegna þarf að breyta rafeiginleikum hreinsaða efnisins með óhreinindafrumeindum þannig að þau séu nothæf til að búa til t.d. díóður og transistora. Þetta er hægt að gera með því að bæta við óhreinindafrumefnum eins og arseník (*arsenic*), fosfór (*phosphorus*), ál (*aluminum*) eða gallium.

Ef efnum úr 5 flokki lotukerfisins eins og arseník (*arsenic*) eða fosfór (*phosphorus*) er blandað (*doping*) út í grunnefnið (germaníum eða kísil) í ákveðnu magni t.d. ein óhreinindafrumeind í 10^4 til 10^7 kísilfrumeindir fæst efni sem hefur neikvæða hleðslu (rafeind) sem ekki nýtist í uppbyggingu kristalsins. Sjá mynd 3.

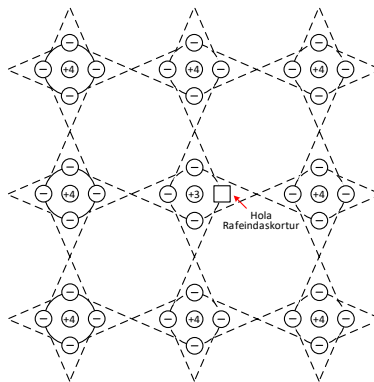


Mynd 3. Óhreinindafrumeind í hálfleiðikristal.

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

Hálfleiðiefnin kísill eða germaníum sem hafa verið menguð með gnótt af óhreinindafrumeindir (t.d. 10^{15} til 10^{18} í tening sem er 10 mm á kant) er með sama fjölda af frjálsum rafeindum og leiðir rafstraum án mikils taps ef spenna væri sett á hann. Svona kristall er neikvætt hlaðinn og kallast **N-efni**.

Ef efnum úr 3 flokki lotukerfisins eins og ál (*aluminum*) eða gallium er blandað (*doping*) út í grunnefnið (germaníum eða kísil) í ákveðnu magni t.d. ein óhreinindafrumeind í 10^4 til 10^7 kísilfrumeindir fæst efni sem hefur jákvæða hleðslu (holur) sem ekki nýtist í uppbyggingu kristalsins. Sjá mynd 4.

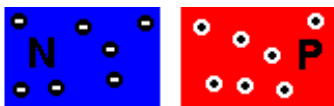


Mynd 4. Óhreinindafrumeind í hálfleiðikristal.

Hálfleiðiefnin kísill eða germaníum sem hafa verið menguð með gnótt af óhreinindafrumeindir (t.d. 10^{15} til 10^{18} í tening sem er 10 mm á kant) er með sama fjölda af holum og leiðir rafstraum án mikils taps ef spenna væri sett á hann. Svona kristall er jákvætt hlaðinn og kallast **P-efni**.

Þegar N- og P- efni eru tengd saman þá kemur fram sérstakur eiginleiki díóða.

Mynd 5a til 5d sýnir samsetningarferill díóðu.



Mynd 5a.

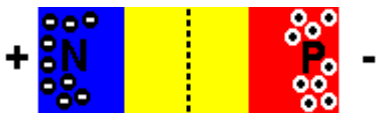
Fyrst eru helmingar örlítið aðskildir, eins og um tvo kristala væri að ræða. Frjálsum rafeindir í efni eru táknaðar sem mínus í N-efni og holurnar í P-efni eru táknaðar sem svartir punktar.

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -



Mynd 5b.

Þegar kristalarnir eru tengdir saman, þá mun frjálsu rafeindir úr N-efninu fara yfir í holurnar í P-efnið. Við það myndast tæmingarsvæði (*depletion region*) og þar byggist upp rafsvið sem veldur spennuhindrun yfir samskeyti díóðunnar (*mynd 5b*). Spennuhindrunin sem myndast er fyrir germaníum 0,1 V - 0,3 V og fyrir kísil kristall 0,5 V - 0,7 V og 1 V yfir seleníum kristal.



Mynd 5c.

Þegar ytri spenna (*mynd 5c*) er tengd við kristalinn þannig að plúspóllinn er tengdur N-efninu, leiðir það til þess að frjálsar rafeindir færast að enda kristallins og frá samskeytunum. Þegar mínus póllinn er tengdur við P-efnið, þá dragast holur frá samskeytunum. Við þetta stækkar tæmingarsvæðið og engin straumur kemst í gegn um kristalinn þar sem það vantar hleðslubera.

Hér er verið að lýsa virkni hins fullkomna kristals. Í raunveruleikanum er alltaf einhver straumur sem fer í gegnum kristalinn við þessar aðstæður. Þessi straumur er kallaður lekastraumur og hann er til staðar þegar díóða er bakspennt (*reverse bias*).



Mynd 5d.

Þegar spennan er umpóluð (*mynd 5d*) þar sem mínus póll er tengdur við N-efnið er rafeindum ýtt að samskeytunum. Plús póll er tengdur við P-efnið og ýttast holur einnig að samskeytunum. Við þetta minnkar tæmingarsvæðið og þegar spennugjafaspennan verður hærri en innri spennumismun díóðunnar, þá fer straumur um kristalinn. Rafeindir fara yfir samskeytin að gagnstæðum enda á kristalnum. Rafeindir laðast að plúspólnum og holur að mínus póll. Á *mynd 5d* er díóðan forspennt (*forward bias*).

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

Í leiðandi átt vex straumur í germaníumdíóðu hratt þegar spennan yfir hana er á bilinu 0,1 - 0,3 V. Fyrir kísildíóðu er þetta á bilinu 0,5 - 0,7 V.

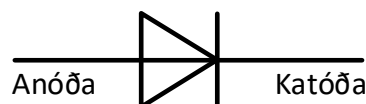
Mikilvægt er að gera sér grein fyrir því að hola sem kemst að negatífa skautinu mun vera fyllt með rafeind frá spennugjafanum og hverfa. Við póstífa skautið dragast rafeindir frá kristalnum og skilja eftir sig holu. Holan mun síðan færast í gegnum kristalinn.

Það eru takmörk fyrir því hversu háa bakspennu P - N samskeyti díóðunnar þola, sambærilegt því að einangrarar hafa ákveðið spennuþol. Fari spennan yfir þessi spennuþol díóðunnar þá eyðileggst hún. Skammstöfunin U_{PIV} eða U_{BR} , stendur fyrir *peak inverse voltage*, eða hámarks bakspenna. Stundum eru notaðar aðrar skammstafanir til að lýsa þessu. Upplýsingar um U_{PIV} finnast í „data“ bókum og á netinu.

Verði spenna yfir bakspennna díóðu hærri en U_{PIV} verður skriðubrot í díóðunni og hún eyðileggst þar sem ekki er lengur hægt að stjórna straumnum í gegnum hana.

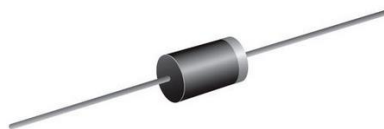
1.4 Afriðunardíóðan

Afriðunardíóða er sérhæfður íhlutur sem hefur tvö skaut (rafskaut); **anóðu** (*anode*) og **katóðu** (*cathode*). Flestar díóður eru gerðar úr: kísil (*silicon*), germaníum (*germanium*) eða selenium.



Mynd 6. Teiknitákn díóðu.

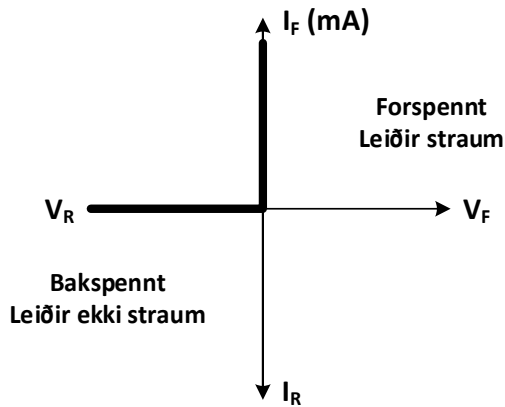
Katóðan er alltaf merkt á díóðu sem strik sem er við annan enda á díóðunni eða á annan hátt (*mynd 7*).



Mynd 7. Afriðunardíóða í plasthúsi.

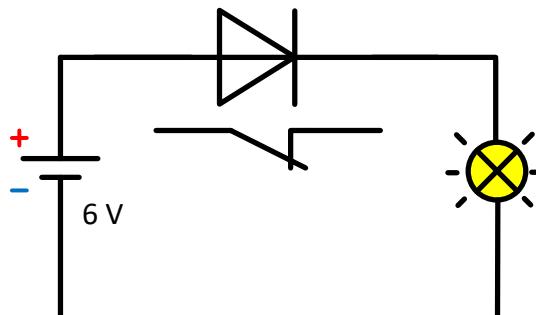
Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

Allar díóður eiga það sameiginlegt að þær leiða straum í eina átt og fræðilega virkar díóða eins og mynd 8 sýnir.



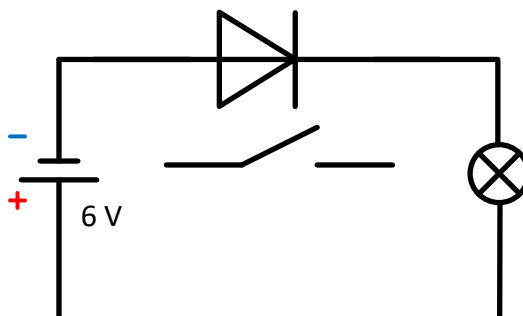
Mynd 8.

Þegar díóðan er tengd í leiðandi átt (+ á anóðu) þá leiðir hún straum og fræðilega er ekkert spennufall yfir hana (mynd 8 og mynd 9).



Mynd 9. Díóða forspennt í leiðandi átt.

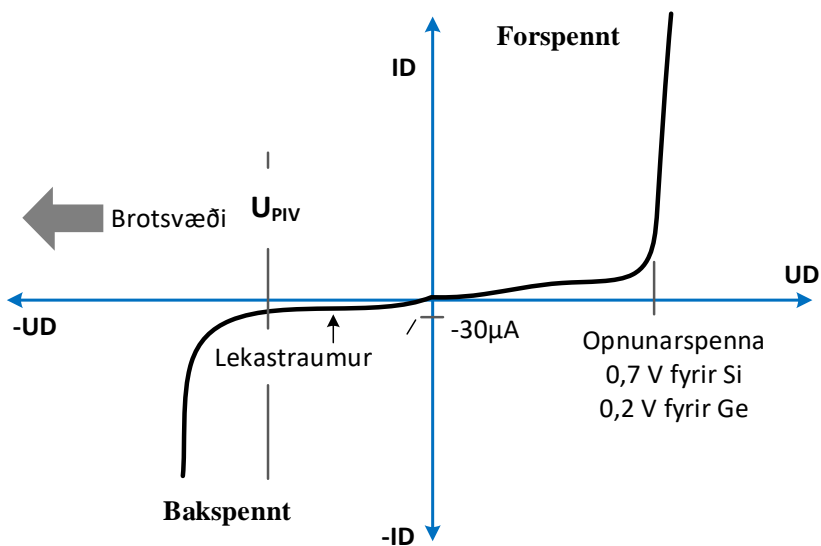
Þegar díóðan er bakspennt (- á anóðu) þá leiðir hún engan straum (mynd 8 og mynd 10).



Mynd 10. Díóða forspennt í hindrunar átt.

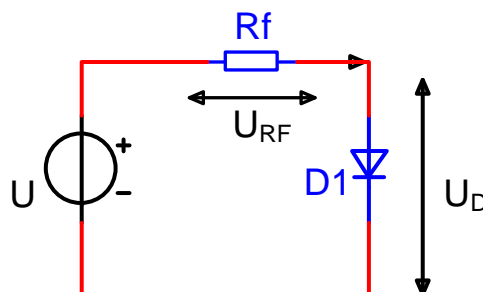
Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

Raunveruleikinn er sá að þegar díóða er tengd í leiðandi átt verður alltaf eitthvert spennufall yfir hana vegna innra viðnáms í henni. Sjá mynd 11. Kísil díóðan opnar við ca. 0,5 - 0,7 V spennumismun. Germaníum díóða leiðir við ca. 0,1 - 0,3 V og seleníum við 1 V. Í hindrunarátt er straumur kísildíóðunnar mjög lítil að spennubrotinu U_{PIV} (*breakdown region*), samanber mynd 11. Það er alltaf einhver straumur sem fer í gegnum bakspennta díóða áður en þeirri spennu er náð sem eyðileggur díóðuna. Þessi straumur er óæskilegur, því minni sem hann er því betra. „Breakdown“ spenna er mismunandi á milli tegunda, allt frá nokkrum voltum upp í nokkur hundruð volt.



Mynd 11. Grafið sýnir einkennisferil díóðu.

Straumurinn í forspenntri díóðu takmarkast eingöngu af ytri mótstöðu R_f sem er raðtengd við díóðuna, sjá mynd 12.



Mynd 12. Díóða tengd spennugjafa.

Ef straumurinn verður of mikill myndast mikill hiti í kristalnum vegna innra viðnáms í díóðunni og hann bráðnar og við það eyðileggst díóðan.

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

Í upphafi voru germaníum díóður mikið notaðar en núna hafa kísildíóður komið að mestu í staðin fyrir þær. Germaníum díóður hafa einn kost umfram aðrar díóður. Hann er að díóðan fer að leiða við 0,1 - 0,3V en þessi lága spenna þýðir að það verður minna tap í díóðunni og betri nýtni. Þessi eiginleiki er mikilvægur þegar unnið er með merki sem hafa lítinn styrk svo sem í skynjara og „*low level logic*“ rásur. Hins vegar hafa germaníum díóður meiri lekastraum í samanburði við kísildíóður.

Uppbygging og samsetning díóðunnar ákvarða hversu hratt hún vinnur.

Almenna reglan er sú að því minni sem díóðan er því hraðar vinnur hún. Það er rúmmál á N og P efnum og hversu mikið af íblöndunarefnum („*doping level*“) er bætt í frumefnið kísil, germaníum og hitastig sem ákvarða hversu hratt díóðan vinnur. „*Reverse recovery*“ tíminn (t_{rr}) er venjulega hinn takmarkandi þáttur, t_{rr} er sá tíma sem tekur díóðu að fara úr leiðni (*on*) í það ástand að díóðan hætti að leiða (*off*).

Hægt er að nota díóður á mismunandi vegu, svo sem í; **afriðla** (*rectifiers*), **spennuregla** (*voltage regulators*), **rofa** (*switches*), **styrk takmörkun** (*signal limiters*), **mótun** (*signal modulators*), **blöndun** (*signal mixers*), **skynjun** (*signal demodulators*) og **sveifluvaka** (*oscillators*).

Díóður hafa áhrif, svo sem:

- Þegar hliðrænt (*analog*) merki fer í gegnum díóðu sem hefur „*signal*“ styrk við þá spennu sem díóðan fer að leiða þá mun merki breytast.
- Ólínuleikin í díóðum leiðir til þess að hægt að nota díóðu við mótun, skynjun og blanda saman merkjum.

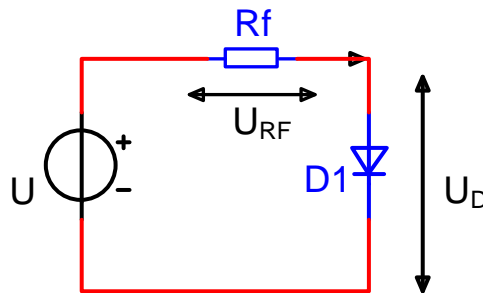
Til eru díóður sem hafa alveg sérstaka eiginleika, svo sem:

- Ljósadíóður (*light-emitting diode, LED*) sem gefið frá sér sýnileg ljós, innrauð (*infrared*) og útfjólublá (*ultraviolet*).
- Zener díóður sem halda fastri spennu (U_Z) yfir sig í hindrunarátt.
- Rýmdardíóða, ef hún er bakspennt, þá er rýmd hennar háð þeirri spennu sem er sett yfir hana.

1.5 Útreikningar

Hér er kynnt aðferð til að ákvarða stærð á viðnámi sem takmarkar straum í gegnum díóðu. Einnig er hægt að finna jafn- og riðstraumsmótstöðu díóða út frá mælingum og útreikningi.

Straumtakmörkun, þar sem díóður þola einungis takmarkaðan straum þarf ætíð að gæta þess að straumur í gegnum þær verði ekki það mikill að þær eyðileggist. Rásin er raðtengd og því er allstaðar sami straumur í rásinni. Einnig að summa spennufalla í rásinni jöfn spennugjafaspennu og straumur má aldrei verða meiri en hámarksstraumþol díóðunnar. Spurningin er þá hversu stórt viðnámið R_f á mynd 13 að vera?



Mynd 13. Díóða raðtengd við mótstöðu.

Samkvæmt ohms lögmálinu, þá þarf spenna og straumur að vera þekkt svo hægt sé að ákvarða viðnámið. Þar sem díóða er tengd í leiðandi átt og D_1 er kísildíóða, þá er gefið að spennufall yfir díóðuna er 0,7 V. Samkvæmt datablaði þá er hámarksstraumur 1 A. Með því að nota þessar forsendur og ohmslögmál fæst að:

$$R_f = \frac{U - U_D}{I_D} = \frac{12V - 0,7V}{1A} = 11,3\Omega$$

Með að setja inn forsendurnar kemur í ljós að $R_f = 11,3 \Omega$.

Hækkandi umhverfishiti gæti leitt til aukins straums, sem myndi eyðileggja díóðuna og því ætti viðnámið að vera stærri en 11,3Ω

Miðað við að nýta einungis 50% - 60% af hámarksstraumgetu myndi díóða ekki eyðileggjast þó að einhverjar straumbreytingar ættu sér stað.

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

Miðað við að nýta einungis 60 % af straumgetunni þá yrði viðnámið R_f .

$$R_f = \frac{U - U_D}{I_D} = \frac{12V - 0,7V}{0,6A} = 18,8 \Omega$$

Með að setja inn þær forsendur kemur í ljós að $R_f = 18,8 \Omega$.

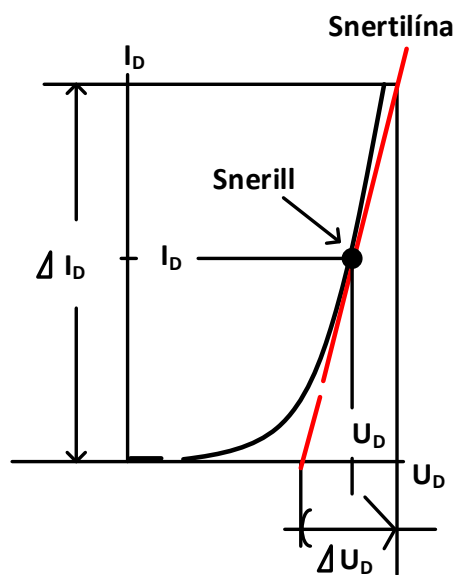
1.6 Jafnstraums - og riðstraumsviðnám díóðu

Út frá kennilínunum díóðu er hægt að finna jafnstraums - og riðstraumsviðnám hennar í ákveðnum punktum á ferlinum.

Jafnstraumsviðnám díóðu R_D er skilgreind sem sú mótstaða sem er í hverjum punkti á einkennisferli díóðunnar. Sjá mynd 14.

R_D er ákvarðað sem:

$$R_D = \frac{U_D}{I_D}$$



Mynd 14.

Riðstraumsviðnám díóðu er fundinn með því að draga beina línu, sjá mynd 14, sem er með snertil í þeim punkti sem mælingin á að fara fram í. Breytingarnar á spennunni og straumnum gefa riðstraumsmótstöðuna r'_d :

$$r'_d \equiv \frac{\Delta U_D}{\Delta I_D}$$

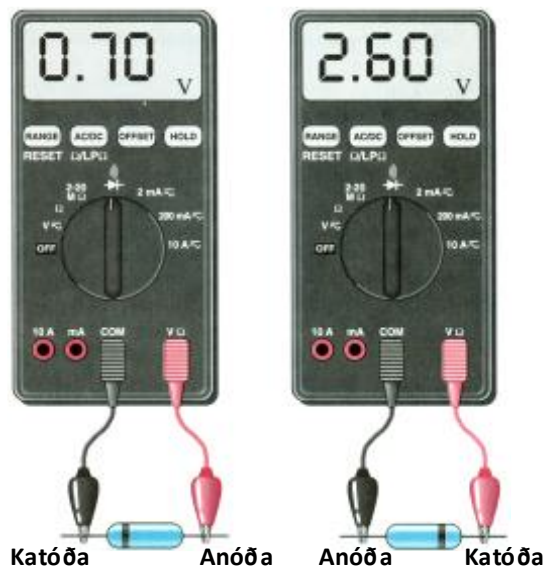
Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

Með því að nota stærðfræðilega nálgun er hægt að sýna fram á að riðstraumsviðnám díóða fylgi reglunni:

$$r'_d \equiv \frac{25mV}{I_D}$$

1.7 Er díóða heil eða ónýt?

Flestir stafrænir fjölsviðsmælar geta mælt ástand díóða. Þeir hafa mælisvið, merkt díóðutákni, sem sýnir ástand hennar í leiðandi - og hindrunarátt. Þegar plúspóll mælis er tengdur við anóðu og mínuspóll við katóðu díóðunnar þá á mælirinn að sýna spennufall u.þ.b. $U_D = 0,5 \text{ V} - 0,7 \text{ V}$ fyrir kísildíóðu en u.þ.b. $U_D = 0,1 \text{ V} - 0,3 \text{ V}$ fyrir germaníumdíóðu við ca. 2 mA straum. (Sjá nánar leiðbeiningar með mæli).



Þegar plúspóll mælis er tengdur við katóðu og mínuspóll við anóðu díóðunnar (hindrunarátt) þá á mælirinn að sýna „OL“ eða óbreytta spennu ca. 2,60 V. Aðrar niðurstöður en þessar eru gefa til kynna um að díóðan sé ónýt.

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

Með hjálp „data“ bóka og /eða á netinu er hægt að fá upplýsingar um virkni díóða og í hvað þær eru notaðar. Dæmi um þetta er sýnt í töflu 1.

| *MAXIMUM RATINGS | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|
| Rating | Symbol | 1N4001 | 1N4002 | 1N4003 | 1N4004 | 1N4005 | 1N4006 | 1N4007 | Unit |
| Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage | V_{RRM} V_{RWM} V_R | 50 | 100 | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000 | Volts |
| Non-Repetitive Peak Reverse Voltage (halfwave, single phase, 60 Hz) | V_{RSM} | 60 | 120 | 240 | 480 | 720 | 1000 | 1200 | Volts |
| RMS Reverse Voltage | $V_{R(RMS)}$ | 35 | 70 | 140 | 280 | 420 | 560 | 700 | Volts |
| Average Rectified Forward Current (single phase, resistive load, 60 Hz, see Figure 8, $T_A = 75^\circ\text{C}$) | I_O | ← 1.0 → | | | | | | | Amp |
| Non-Repetitive Peak Surge Current (surge applied at rated load conditions, see Figure 2) | I_{FSM} | ← 30 (for 1 cycle) → | | | | | | | Amp |
| Operating and Storage Junction Temperature Range | T_J, T_{stg} | ← -65 to +175 → | | | | | | | $^\circ\text{C}$ |

Tafla 1. Helstu mæligildi fyrir díóðurnar 1N4001 – 1N4007.

Helstu skammtafanir:

- $U_{RRM} = U_{PIV}$ hæsta endurtekna bakspennan.
- U_{RMS} = Hæsta bakspennan sem díóða þolir í hálfri rið.
- I_O = Mesti meðal straumur í leiðandi átt við ákveðið hitastig, oft miðað við 75° .
- I_{FSM} = Hámarksstraumur sem má leiða í díóðu í eitt rið.
- $T_{(j)}$ = Vinnuhitastig

2. Dæmi og spurningar

1. Hvað heita skaut kísildíóðu?

- a) Base, emitter
- b) Anóða, katóða
- c) Collector, katóða
- d) Collector, emitter, base

2. Hvert eftirfarandi á við um P – efni?

- a) Það er hleðslulaust
- b) Það er neikvætt hlaðið
- c) Það er jákvætt hlaðið
- d) Það er lítið viðnám

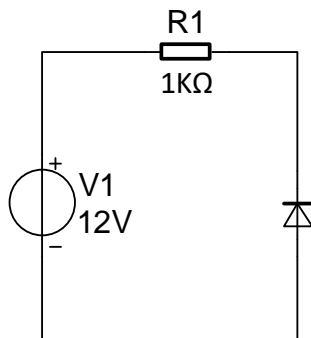
3. Hvert eftirfarandi efna er mest notað sem grunnefni í hálfleiðurum?

- a) Ál
- b) Germanín
- c) Kísill
- d) Antimon

4. Hvert verður spennufall yfir germaníum díóðu sem tengt er í leiðandi átt og I_D er 1 mA?

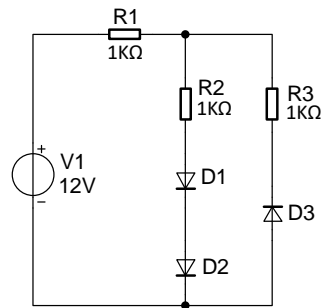
- a) 0,3 V
- b) 0,7 V
- c) 1,0 V
- d) 0 V

5. Hver er spennan yfir viðnámið?



- a) 12 V
- b) 0 V
- c) 11,7 V
- d) 6 V

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -



Þessi mynd á við spurningar 6 – 10.

6. Reiknaðu út strauminn í viðnáminu R_1 .

- a) 12 mA
- b) 5.3 mA
- c) 6,65 mA
- d) 0 mA

7. Reiknaðu út strauminn í viðnáminu R_2 .

- a) 12 mA
- b) 5.3 mA
- c) 6,65 mA
- d) 0 mA

8. Reiknaðu út strauminn í viðnáminu R_3 .

- a) 12 mA
- b) 5.3 mA
- c) 6,65 mA
- d) 0 mA

9. Hvert er spennufalið yfir viðnámið R_3 ?

- a) 5,48 V
- b) 5,16 V
- c) 0 V
- d) Ekkert að ofantöldu

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

10. Spennugjafanum er snúið við. Hver verður straumurinn í gegnum viðnámið R_3 ?
- a) 12 mA
 - b) 5.3 mA
 - c) 5,65 mA
 - d) 0 mA
11. Hver er opunarspenna kísildíóðu í leiðandi átt við herbergishita?
- a) 0,3 Volt.
 - b) 0,7 Volt.
 - c) 1,0 Volt.
 - d) 2 mV.
12. Til að fá straum til að renna í kísildíóðu í leiðandi átt, þarf spennu sem er?
- a) 0,3 Volt.
 - b) 0,7 Volt.
 - c) 1,0 Volt.
 - d) 2 mV.
13. Í heilli kísildíóðu á straumur í hindrunarátt að vera?
- a) Mjög lítill.
 - b) Mjög stór.
 - c) Enginn.
 - d) Ekkert af ofanefndu.
14. Spenna sem er 20 Volt í hindrunarátt er sett yfir díóðu. Hver er spennan yfir hindrunarsvæði hennar?
- a) 0 Volt.
 - b) 0,7 Volt.
 - c) 20 Volt.
 - d) Ekkert af ofanskráðu.

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

15. Ef lína í línuriti er bein lína þá er sagt að hún sé:
- a) Virk?
 - b) Línuleg?
 - c) Ólínuleg?
 - d) Óregluleg?
16. Hvernig íhlutur er mótstaða?
- a) Ólínulegur?
 - b) Línulegur?
 - c) Tvívirkur?
 - d) Einvirkur?
17. Hvernig er díóða, sem ekki er leiðandi, forspennt?
- a) Í leiðandi átt.
 - b) Í hindrunar átt.
 - c) Lélega.
 - a) Ekkert.
18. Þegar díóðustraumur er stór þá er díóðan forspennt?
- a) Í leiðandi átt.
 - b) Í hindrunar átt.
 - c) Lélega.
 - d) Ekkert.
19. Opnunarspenna díóðu er jöfn:
- a) Ásettri spennu?
 - b) Þröskuldsspennu?
 - c) Brotspennu?
 - d) Engu að ofanefndu?
- 20.
- a) Teiknið mynd af díóðu.
 - b) Hvað heita skaut hennar?
 - c) Hvernig er díóðan póluð þegar hún er leiðandi?
21. Hvað er spennubrot díóðu?

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

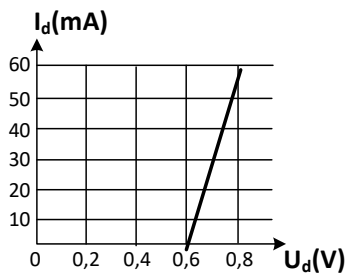
22. Nefnið tvö atriði sem þarf að hafa í huga við val á afriðunar díóðu?
23. Hvernig er hægt að sjá hvort díóða er kísildíóða eða germaníumdíóða?
24. BY127 er díóða. Lýsið úr hvaða efni hún er og til hvers hún er notuð?
25. AA114 er díóða. Lýsið úr hvaða efni hún er og til hvers hún er notuð?
26. Hvar á sér stað hitamyndun í díóðu?
27. Nefnið 2 aðferðir til að auka kælimöguleika díóðu?
28. Kísildíóða dregur 6 mA straum og fellir yfir sig 0,68 Volt. Hún tengist 12 volta spennugjafa.
- Teiknið mynd af rásinni.
 - Hvað þarf stóra mótstöðu í raðtengingu við díóðuna?
 - Hvert er aflið sem eyðist í díóðunni?
29. Kísildíóða er tengd mótstöðu sem er 220Ω . Mótstaðan fellir yfir sig 4V.
- Hver er straumurinn í díóðunni?
 - Hvert er aflið sem eyðist í mótstöðunni?
30. Díóða fellir yfir sig spennu sem er 0,7 V og dregur 50 mA straum. $U = 15$ V.
- Hvert er aflið sem eyðist í díóðunni?
 - Hvað þarf stóra mótstöðu í raðtengingu við díóðuna?
31. Díóða er raðtengd við mótstöðu. Díóðan er kísildíóða. $U_D = 0,7$ V og spennugjafinn er 12 V.
- Hve stór er mótstaðan ef straumurinn $I_D = 10$ mA.?
 - Hvert er aflið sem eyðist í mótstöðunni?
 - Hvert er aflið sem eyðist í díóðunni?

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

32. Díóða er raðtengd mótstöðu. Díóðan er kísildíóða. $U_D = 0,7V$ og spennugjafinn er $10 V$.

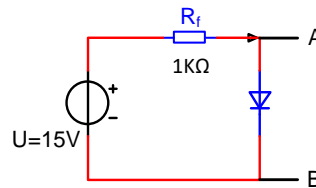
- Hve stór er mótstaðan ef I_D er $40 mA$?
- Hvert er aflið sem eyðist í mótstöðunni?
- Hvert er aflið sem eyðist í díóðunni?

33. Díóða er raðtengd við mótstöðu. Díóðan er kísildíóða $U_D = 0,7V$.

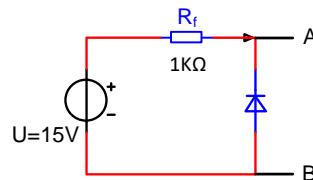


- Hve stór er mótstaðan ef spennugjafinn er $U=10 V$?
- Hvert þarf afl mótstöðunnar að vera?
- Hvert þarf afl díóðunnar að vera?

34. Hversu há spenna mælist milli A og B?

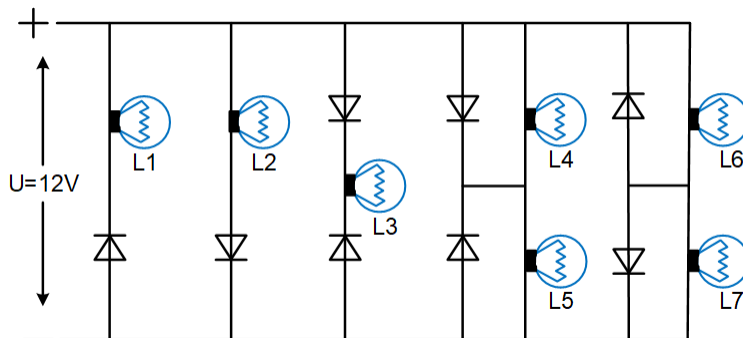


35. Hversu há spenna mælist milli klemma ?



Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

36. Díóður tengjast eins og mynd sýnir. Gerið grein fyrir því hvernig hver lampi lýsir ef möguleikarnir eru eftirfarandi:



Mikið ljós $U_L > 10 \text{ V}$

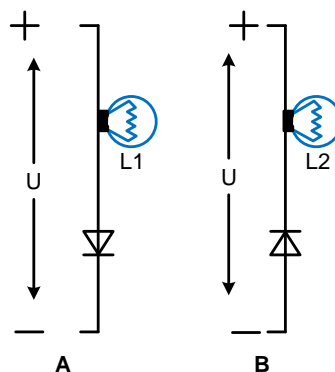
Ekkert ljós $U_L < 2 \text{ V}$

Lítið ljós $4 \text{ V} > U_L < 7 \text{ V}$

| | Mikið ljós | Lítið ljós | Ekkert ljós |
|----------------|------------|------------|-------------|
| L ₁ | | | |
| L ₂ | | | |
| L ₃ | | | |
| L ₄ | | | |
| L ₅ | | | |
| L ₆ | | | |
| L ₇ | | | |

37. Tvær díóður eru tengdar í raðtengingu. Fyrri díóðan hefur spennufallið 0,75 volt og dregur 500 mA. Hin díóðan fellir yfir sig spennu sem er 0,8 Volt. Hvaða straum dregur seinni díóðan?

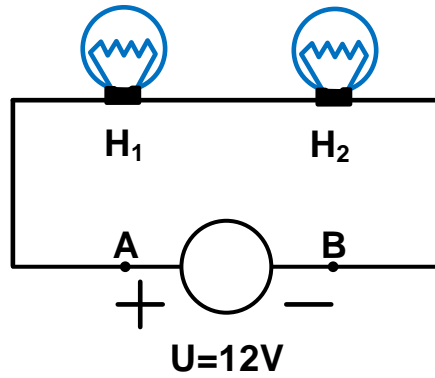
38. Hægt er að sjá hvort díóða er í lagi eða ónýtt með því að tengja hana eins og mynd sýnir.



- Í hvorri tengingunni lýsir peran?
- Hvað er að díóðunni ef peran lýsir í báðum tengingum?
- Hvað er að díóðunni ef peran lýsir ekki á báðum myndum?

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

39. H_1 á að lýsa en H_2 ekki, þegar plús á rafhlöðunni er tengdur við klemmu A.
 H_2 á að lýsa en H_1 ekki, þegar plús á rafhlöðunni er tengdur við klemmu B.



Sýnið hvernig er hægt að gera þetta með hjálp tveggja díóða?

3. Æfing 1 - Mælingar á kennilínu kísildíóðu

Tilgangur: Að mæla kísildíóðu og út frá mælingum að teikna kennilínu kísildíóðu og sjá að kísildíóðan fylgi hefðbundni reglu um að opnunarspenna hennar sé á bilinu 0,5 – 0,7 V og að hún leiði engan straum í hindrunarátt. Einnig að finna jafn- og ríðstraumsviðnám díóðunnar við a.m.k. eitt spennugildi á kennilínu hennar. Einnig á að finna einkennisferil díóðu með því að nota hermiforrit.

Efni: Díóða _____ . Mótstaða sem R_f : _____ Ω
 Jafnspennugjafi 0 - 30 V og stafrænn spennumæli.

Framkvæmd 1: Er díóðan sem þú notar heil eða ónýt?

Athugaðu hvort díóðan á sé í lagi. Ef hún er ónýtt þá skaltu skipta um díóðu.

Díóða í leiðandi átt:

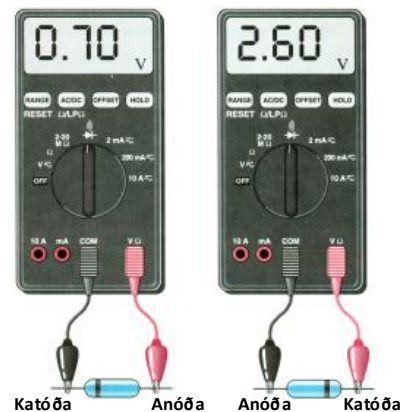
Stafrænn mælir sýnir:

Díóða í hindrunarátt:

Stafrænn mælir sýnir:

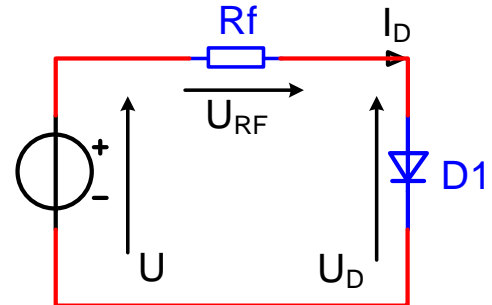
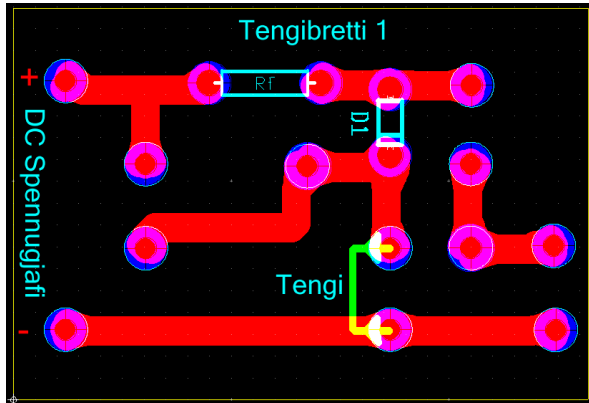
Settu X við viðeigandi:

- Í lagi
- Ónýt



Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

Framkvæmd 2: Leiðandi átt díóðu – Kennilínurit.



Tengimynd 1. Tengimynd í leiðandi átt díóðunnar.

- Tengið rásina samkvæmt *tengimynd 1*.
- Stillið spennuna U samkvæmt *töflu 1* og mælið U_D og U_R . en reiknið I_D samkvæmt:

$$I_D = \frac{U - U_D}{R}$$

| U(V) | U _R (V) | U _D (V) | I _D (mA) |
|------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 0,2 | | | |
| 0,4 | | | |
| 0,6 | | | |
| 0,8 | | | |
| 1 | | | |
| 3 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |

Tafla 1.

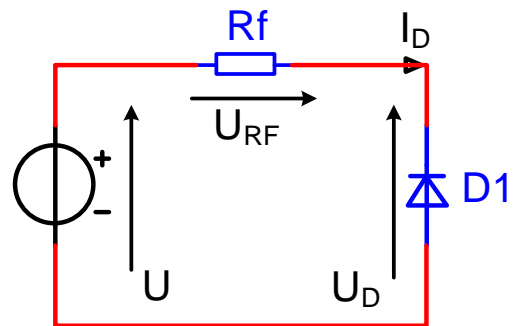
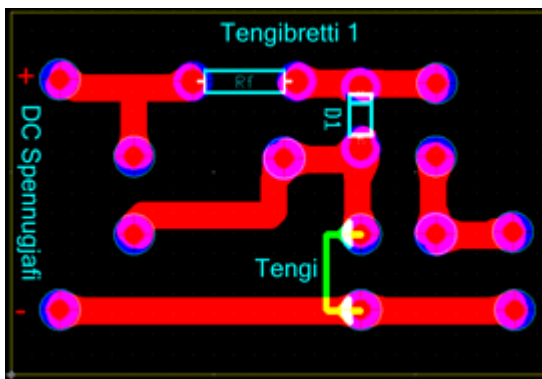
Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

Framkvæmd 3: Hindrunarátt díóðu – Kennilínurit.

Tengdu rásina í hindrunarátt sjá *tengimynd 2*. Mælið U_R og U_D fyrir spennuna U frá 0 V til 30 V með 5 V þrepum og setjið inn í *töflu 2*.

Reiknið I_D út frá mældum gildum samkvæmt:

$$I_D = \frac{U - U_D}{R}$$



Tengimynd 2. Tengimynd í hindrunarátt díóðunnar.

| -U(V) | -UR(V) | -UD(V) | -ID(μA) |
|-----------|--------|--------|---------|
| 0 | | | |
| 5 | | | |
| 10 | | | |
| 15 | | | |
| 20 | | | |
| 25 | | | |
| 30 | | | |

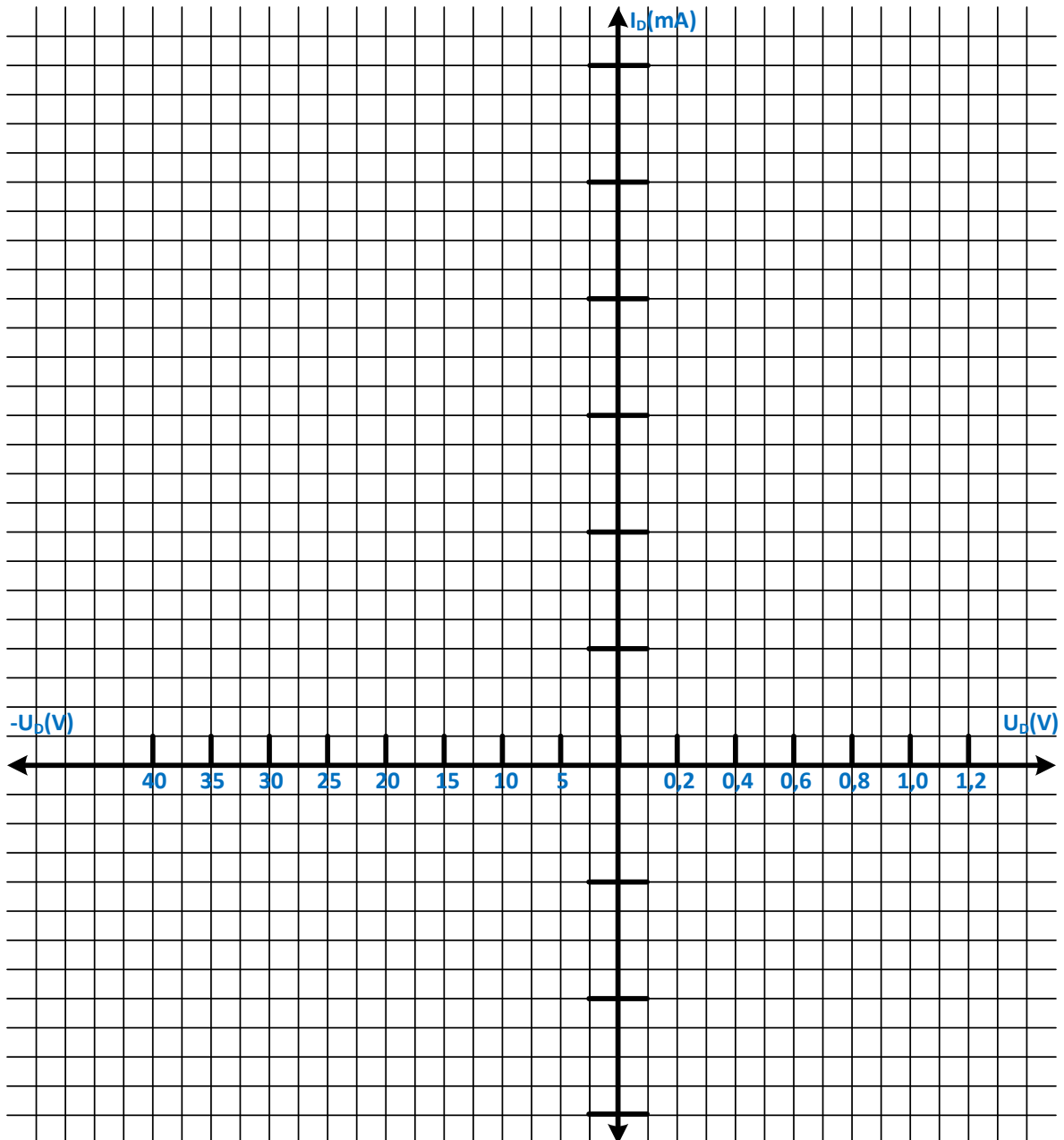
Tafla 2.

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

Framkvæmd 4: Úrvinnsla á mælingum.

Teiknið upp einkennisferil díóðunnar $I_D = f(U_D)$ inn í graf eins og sýnt er hér að neðan út frá mældum niðurstöðum hér á undan.

Kennilínurit díóðu: _____



Línurit 1
 $I_D = f(U_D)$

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

Framkvæmd 5: Jafnstraumsviðnám díóðu.

Jafnstraumsviðnám díóðu R_D er skilgreind sem sú mótstaða sem er í hverjum punkti á einkennisferli díóðunnar og er fundin sem:

$$R_D = \frac{U_D}{I_D}$$

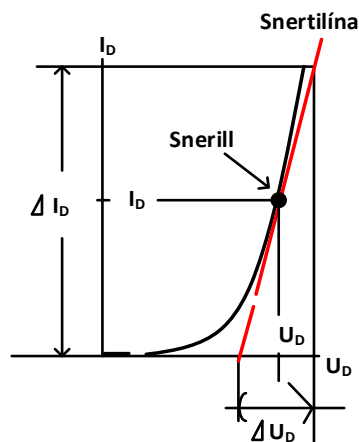
Finnið jafnstraumsviðnám í leiðandi átt díóðunnar þegar spennan U_R er 5 V.

$$R_D =$$

Framkvæmd 6: Riðstraumsviðnám díóðu.

Riðstraumsviðnám díóðu við ákveðinn straum eða spennu er fundið með því að draga beina línu (Snertilínu) sem er með snertil í þeim punkti sem mælingin á að fara fram í. Sjá mynd 3. Breytingarnar á spennunni og straumnum gefa riðstraumsmótstöðuna r'_d :

$$r'_d = \frac{\Delta U_D}{\Delta I_D}$$



Mynd 3. Sýnir hvernig riðstraumsviðnám díóðu er fundið.

Með því að nota stærðfræðilega nálgun er hægt að sýna fram á að riðstraumsviðnám díóða fylgi reglunni:

$$r'_d = \frac{25mV}{I_D}$$

Finnið riðstraumsviðnám í leiðandi átt díóðunnar þegar spennan U_R er 5 V.

$$R_D =$$

Rafeindafræði 1. hefti – Díóður -

Framkvæmd 7: Kennilína díóðu fundin með hermiforriti.

Notið hermiforrit t.d. Multisim til að framkvæma framkvæmd 2 til 3 og teiknið síðan kennilínuna inn Línurit 1.

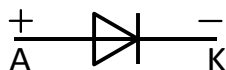
Ber mældu kennilínuriti og því sem búið var til með Multisim saman?
(Rökstyðjið).

Framkvæmd 8: Niðurstöður – Rökstuðningur.

Uppfylla mældar niðurstöður atriðin sem talin eru upp í liðnum Tilgangur?
Ber mældu kennilínuriti og því sem búið var til með Multisim saman?
(Rökstyðjið svörin).

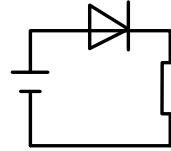
4. Svör við dæmum og spurningum

1. b)
2. c)
3. c)
4. a)
5. b)
6. b)
7. b)
8. d)
9. c)
10. c)
11. b)
12. b)
13. c)
14. c)
15. b)
16. b)
17. b)
18. a)
19. b)
20. a) b) og c)



21. Spennubrot díóðu er sú spenna þar sem díóðan eyðileggst í hindrunarátt.
22. I_{max} og U_{PIV}
23. Með því að skoða opnunar spennu í leiðandi átt. Kísildíóða U_d ca. 0,5 V - 0,7 V
Germaníumdíóða U_d ca. 0,1V- 0,3V
24. BY127 er kísildíóða. Er notuð td. til afriðunar.
25. AA114 er gernmaníumdíóða. Er notuð t.d. til skynjunar.
26. Í samskeytum milli P- og N- kristals.
27. Kæliplata. Með viftu.

28. a)



- b) $R=1887\Omega$
- c) $P_D = 4mW$

29. a) $I_d = 18,2mA$
b) $P_d = 72,7mW$
30. a) $P_d = 35mW$
b) $R = 286\Omega$
31. a) $R = 1130\Omega$
b) $P_R = 113mW$
c) $P_d = 7mW$
32. a) $R = 232,5\Omega$
b) $P_R = 0,372W$
c) $P_d = 0,028W$
33. a) $R = 310\Omega$
b) $P_R = 0,279W$
c) $P_d = 0,021W$

34. $U_{A-B} = 0,7V$
35. $U_{A-B} = 15V$

36. L1 Ekkert ljós
L2 Mikið ljós
L3 Ekkert ljós
L4 Ekkert ljós
L5 Mikið ljós
L6 Mikið ljós
L7 Ekkert ljós

37. $I_D = 500mA$

38. a) A
b) Díóðan er skammhleyp
c) Díóðan er rofin

39.

