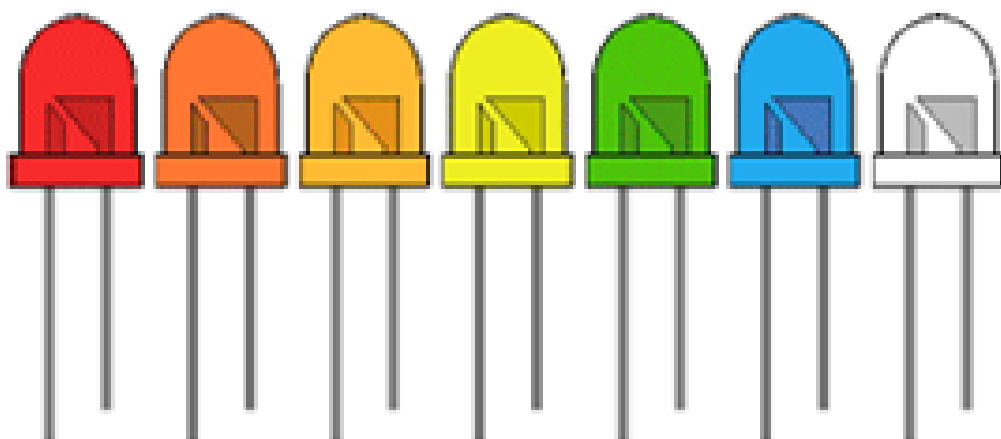


Rafbók



Rafeindafraeði 2. hefti

Ljós- og ljósnæmar díóður

Sigurður Örn Kristjánsson
Bergsteinn Baldursson

Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar 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 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar díóður-

Efnisyfirlit

1. Ljósdíóður	3
2. Ljósnæmar díóður	8
3. Dæmi og spurningar	11
4. Æfing 2a - Mælingar á kennilínu ljósdíóðu	13
Æfing 2b - Gul og græn ljósdíóða mæld með hermi (Multisim)	17
5. Svör við dæmum og spurningum	19

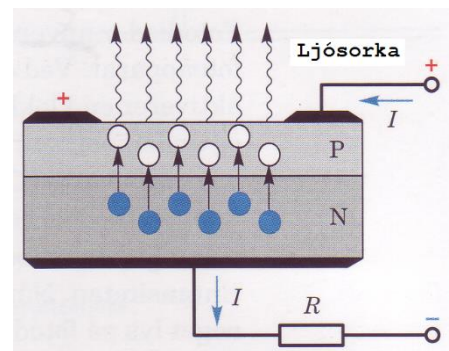
Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar díóður-

1. Ljósdíóður

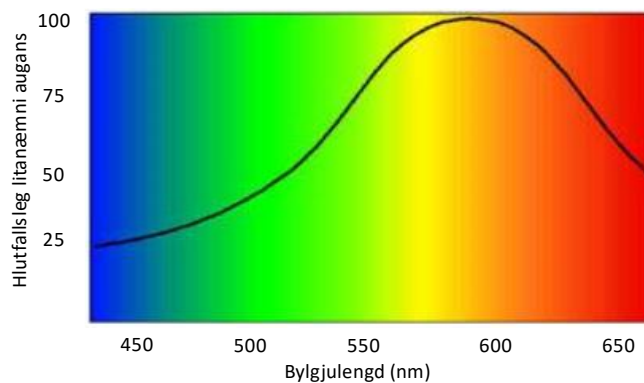
Ljósdíóðan (*Light – emitting diode (LED)*) er mikið notuð sem gaumljós. Á undanförunum árum hefur mikil þróun átt sér stað með hana og nú er farið að nota ljósdíóður til að lýsingar.

Eins og aðrar díóður þá samanstendur LED díóða af N - og P - efni, þar sem straumur rennur frá P - efni (*anóðu*) að N - efni (*katóðu*). Hún leiðir ekki straum í gagnstæða átt. Þegar spenna er sett á díóðuna í leiðandi átt flæða rafeindir úr N-efninu í holar í P- efnið. Þegar rafeind fellur í holu, þá fellur hún á lægra orkustig og gefur frá sér afgangorku sem verður að ljósgeislum. Þetta fyrirbrygði kallast *rafljómun*.

Ljósdíóður gefa ekki frá sér birtu fyrir en ákveðinni spennu (mismunandi eftir lit) er náð og straumurinn er um eitt mA. Útgeislun getur annað hvort verið sýnileg eða ósýnileg mönnum (*infrared, ultraviolet*). Tíðni á ljósinu sem díóðan gefur frá sér, ræðst af orkubili sem er á milli N – og P efna.



Mynd 1. Led og ljóstillífun.



Mynd 2. Tíðni gulrar og rauðrar ljósdíóðu.

Tíðni geislans og þar með litur ljóssins sem ljósdíóðan gefur frá sér ákvarðast af þeim efni sem er í torleiðaranum. Sjá mynd 3.

Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar díóður-

Litir Ljósadíóða	Staðal birtustig				Hátt birtustig			
	Efni kísilflögu	Ipk (NM)	Iv (mcd)	Sjónarhorn	Efni kísilflögu	Ipk (NM)	Iv (mcd)	Sjónarhorn
Rauð	GaAsP/GaP	635	120	35	AS AllnGap	635	900	30
Appelsínugul	GaAsP/GaP	605	90	30	AS AllnGap	609	1,300	30
Ljósbrún	GaAsP/GaP	583	100	35	AS AllnGap	592	1,300	30
Gul	Gap	570	160	30	-	-	-	-
Græn	Gap	565	140	24	GaN	520	1,200	45
Grænblár	-	-	-	-	GaN	495	2,000	30
Blá	-	-	-	-	GaN	465	325	45

Mynd 3. Samanburður á ljósdíóðum við mismunandi skilyrði.

- Gallín - arsen – fosfór - díóður
(*GaAsP*) senda frá sér rautt ljós
- Gallín - kolefnis – díóður
(*GaC*) senda frá sér blátt ljós
- Gallín – fosfór – díóður
(*GaP*) senda frá sér gult ljós

Algennt er að hús utan um kristalinn sé sett epoxy og er það ýmist glært eða litað.

Mynd 4 sýnir að díóður eru til í mismundandi stærð og lögun.



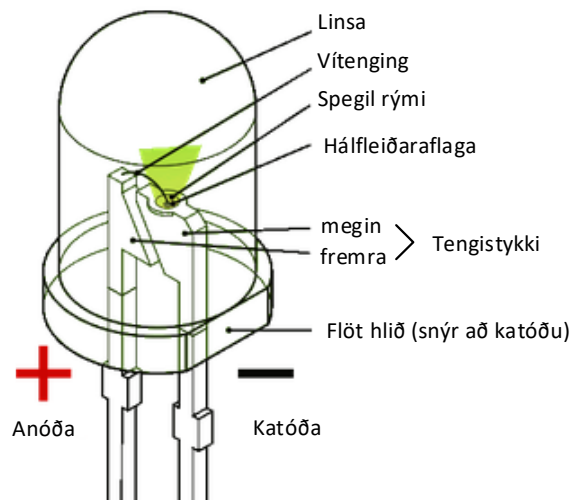
Mynd 4. Dæmi um hús ljósdíóða.

Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar díóður-

Það eru tveir vírar sem standa út úr húsi kristalsins og eru þeir mislangir. Katóða (n – efni) ljósdíóðunnar er auðkennd á tvenna vegu:

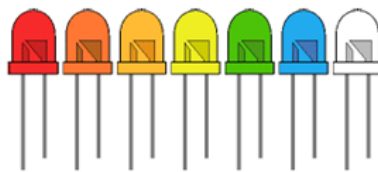
- vírinn sem tengist katóðu er styttri.
- ef hólkurinn utan um díóðuna er sívalur, er slétt brún á honum þar sem katóðan er.

Stytttri endann á alltaf að tengja við mínus pól spennugjafans (*Mynd 5*).



Mynd 5. Uppbygging díóðu.

LED eru til í mörgum litum t.d. rauðum, appelsínugulur, gulbrún, gulum, grænum, bláum og hvítum (*Mynd 6*). Bláar og hvítar ljósdíóður eru mun dýrari en aðrar ljósdíóður. Líftími ljósdíóðu er talinn vera um 100000 klukkustundir.



Mynd 6. Dæmi um mismunandi litir ljósdíóða.

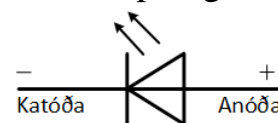
Ljósdíóður vinna oftast á bilinu 1V - 3V og straumurinn er á bilinu 1mA - 20mA. Fari straumur og/eða spenna yfir þetta þá getur kristalinn bráðnað. Í reynd er spennufall yfir ljósdíóðu breytilegt eftir því á hvaða tíðni hún vinnur eða hver litur hennar er. T.d. er:

- rauð ljósdíóða um 1,8 V
- græn ljósdíóða um 2,15V
- blá ljósdíóða um 3V

Ljósdíóður hafa ekki góða hindrunareiginleika, þola ekki háa bakspennu (U_{PIV}).

Standard LED hafa útgeislunarhorn um 60° en aðrar hafa mun þrengra útgeislunarhorn um 30° eða minna.

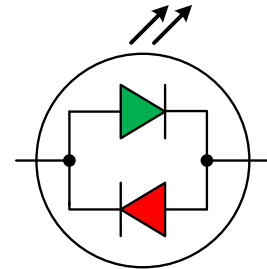
Mynd 7. Teiknitákn ljósdíóðu.



Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar díóður-

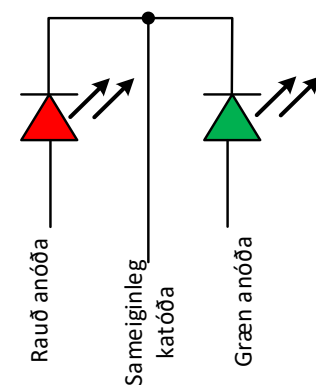
Tveggja lita díóða (*Bi-colour LED*).

Hér eru tvær díóður pakkaðar saman, þær eru hliðgengdar en snúa í gagnstæða átt. Þegar önnur leiðir þá er hinn bakspennt. Þetta þýðir að það lýsir aðeins ein í einu.



Þriggja lita LED díóða (*tri-colour LED*).

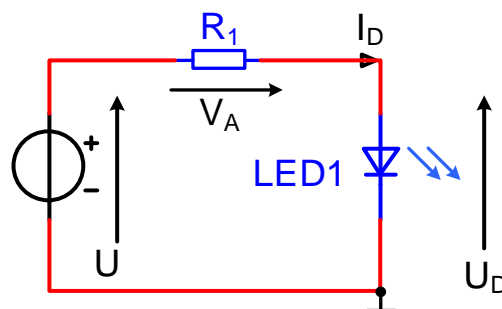
Flestar þriggja lita díóður eru samsettar af tveim díóðum, rauðri og grænni. En þegar rauðum og grænum lit er blanda saman fæst gulur litur. Þannig að díóðan getur gefið frá sér þrjá liti. Mynd 8 sýnir útlínur þriggja lita díóðu. Takið eftir mismunandi lengd á löppum díóðunnar. Miðlöppin (k) er tengd við sameiginlega katóðu, hinar lappirnar tengjast sittvorri.



Mynd 8. Þriggja lita LED díóða.

Útreikningar:

Það þarf alltaf að raðtengja viðnám við LED díóður til að takmarka strauminn í þeim.



Mynd 9. Ljósdíóða raðtengd við mótstöðu og spennugjafa.

Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar díóður-

Hægt er að finna stærð mótstöðunnar á mynd 9 með jöfnunni:

$$R_1 = \frac{U - U_D}{I_D}$$

Þar sem:

U = er spennugjafa spenna

U_D = er spenna yfir LED díóðu (venjulega 1,8 V fyrir rauða LED)

I_D = straumur í gegnum LED díóðu

Ef ekki er til viðnám af þeirri stærð sem koma fram í útreikningnum, þá á að velja næstu stærð fyrir ofan. Þannig að straumur verður minni.

Dæmi:

Ef spennugjafa spenna er 9V og við erum með rauða LED ($U_D = 1,8V$) og straumurinn I_D er valinn 10mA verður stærð mótstöðunnar:

$$R_1 = \frac{U - U_D}{I_D} = \frac{9V - 1,8V}{10mA} = 720\Omega$$

fyrir valinu verður því 820 Ω , þar sem þetta er næsta stærð af mótstöðu samkvæmt E12 staðlinum.

Raðtengdar ljósdíóður.

Ef það er ætlunin að raðtengja LED díóður þá er best að hafa þær allar af sömu gerð þannig að þær fari allar að lýsa við sama straum og hafi sama straumpól. Einnig verður að tryggja nægjanlega háa spennugjafaspennu, að reikna í það minnsta 2V yfir viðnámið.

Það á ekki að hliðtengja tvær LED díóður sem síðan eru raðtengdar við eitt viðnám. Ef það er smá spennumismunur á milli LED díóðuna þá mun aðeins önnur loga og ef straumur er aukin þá mun það líklega eyðileggja aðra díóðuna.

Upplýsingar frá framleiðanda.

Framleiðendur díóða gefa upplýsingar um þær. *Tafla 1* hér sýnir allgengustu upplýsingar um ljósdíóður sem eru 5mm þvermál.

Það eru þrjár dálkar sem hafa mikilvægar upplýsingar, letrið í þeim er breiðara.

$$\text{ATH: } V_F = U_F = U_D \text{ og } V_R = U_R$$

Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar díóður-

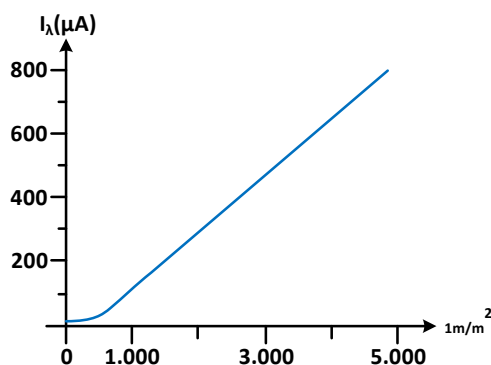
Type	Colour	I_F max.	V_F typ.	V_F max.	V_R max.	Luminous intensity	Viewing angle	Wavelength
Standard	Red	30mA	1.7V	2.1V	5V	5mcd @ 10mA	60°	660nm
Standard	Bright red	30mA	2.0V	2.5V	5V	80mcd @ 10mA	60°	625nm
Standard	Yellow	30mA	2.1V	2.5V	5V	32mcd @ 10mA	60°	590nm
Standard	Green	25mA	2.2V	2.5V	5V	32mcd @ 10mA	60°	565nm
High intensity	Blue	30mA	4.5V	5.5V	5V	60mcd @ 20mA	50°	430nm
Super bright	Red	30mA	1.85V	2.5V	5V	500mcd @ 20mA	60°	660nm
Low current	Red	30mA	1.7V	2.0V	5V	5mcd @ 2mA	60°	625nm

Tafla 1.

- I_F max = I_D max** Hámarkstraumur í leiðandi átt.
- V_F typ = U_D typ.** Dæmigerð spenna í leiðandi átt.
- V_F max = U_D max** Hámarks spenna í leiðandi átt.
- V_R max = U_R max** Hámarks spenna á bakspennna díóðu.
- Luminous intensity:** Ljósstyrkur frá LED díóðu við ákveðin straum, mcd = millcandela.
- Viewing angle:** Standard LED hefur útgeislunarhorn um 60°. Aðrar díóður hafa þrengra horn eða um 30°.
- Wavelength:** Bylgjulengd ákvarðar litinn sem díóðan gefur frá sér, (nm = nanometrar).

2. Ljósnæmar díóður

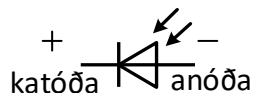
Ljósnæmar díóður eru virkjaðar með mismunandi ljósstyrk sem nær í gegnum linsu díóðunnar og þess vegna eru þær straumlausar í myrkri en aftur á móti eykst hindrunarstraumurinn í henni I_λ eftir styrk birtunnar lm/m^2 (Mynd 10).



Mynd 10. Straumur ljósnæmrar díóðu (I_λ) = $f(lm/m^2)$.

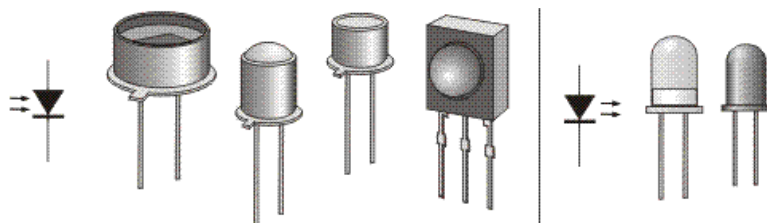
Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar díóður-

Ljósnæmar díóður eru láttnar vinna í hindrunarátt. *Mynd 11* sýnir táknmynd hennar ásamt hvernig hún er póluð.



Mynd 11. Pólun ljósnæmrar díóðu.

Hægt er að fá ljósnæmar díóður sem eru mjög næmar við mismunandi bylgjulengd ljóss t.d. innrautt ljós. *Mynd 12* sýnir mismunandi hús sem ljósnæmar díóður koma í.



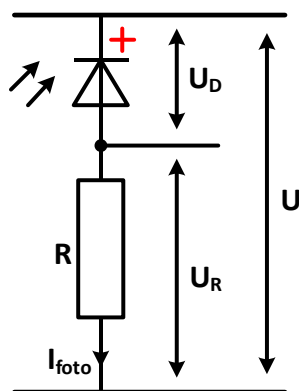
Mynd 12. Dæmi um mismunandi hús ljósdíóða.

Þegar hindrunarstraumur ljósnæmrar díóðu rennur í gegn um mótstöðu umbreytist ljósstyrkurinn í spennufall yfir mótstöðuna R , sjá *mynd 13*, eða

$$U_{\text{út}} = I_{\text{foto}} \cdot R$$

Ljósnæmrar díóður eru í notkun um allt t.d. sem sjálfvirk stýring fyrir ljós eða til að stjórna hurðabjöllu.

Venjulega dregur ljósnæm díóða lítinn sem engan straum í myrkri og hún virkar sem hver önnur díóða.



Mynd 13.

Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar díóður-

Dæmi:

Hver er mótstaða díóðunnar R_D ef hún dregur $25 \mu\text{A}$ straum í myrkri og er þá 3V spenna yfir hana? Mótstaðan R er $10\text{k}\Omega$.

Mótstaða díóðunnar er:

$$R_D = \frac{U_D}{I_{foto}} = \frac{3\text{V}}{25\mu\text{A}} = 120\text{k}\Omega$$

og spennan U_R verður:

$$U_R = I_{foto} \cdot R = 25\mu\text{A} \cdot 10\text{k}\Omega = 0,25\text{V}$$

Ef ljósstyrkurinn eykst í 4000 lm/m^2 eykst straumurinn í díóðunni í $600 \mu\text{A}$. Við göngum út frá að það sé enn 3V spenna yfir díóðuna og mótstaðan í díóðunni verður:

$$R_D = \frac{U_D}{I_{foto}} = \frac{3\text{V}}{600\mu\text{A}} = 5\text{k}\Omega$$

og spennan $U_{\text{út}}$ verður:

$$U_R = I_{foto} \cdot R = 600\mu\text{A} \cdot 10\text{k}\Omega = 6\text{V}$$

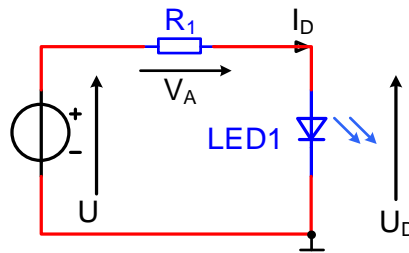
og heildin verður:

$$U = U_R + U_D = 6\text{V} + 3\text{V} = 9\text{V}$$

3. Dæmi og spurningar

1. Með tilvísun í mynd 9 bls. 6 og töflu 1 bls. 8:

- Hversu stórt ætti viðnámið R_1 að vera fyrir rauða standard ljósdíóðu ef $U = 12V$?
- Hversu stórt ætti viðnámið R_1 að vera fyrir græna díóðu ef $U = 12V$?



Mynd 1.

- Með tilvísun til töflu 2 bls.14, teiknið graf sem sýnir einkennisferil fyrir rauða standard ljósdíóðu.
- Hvað einkennir ljósnæmar díóður?
- Teiknið táknmynd ljósnæmra díóða og setjið inn pólun hennar miðað við eðlilega notkun?
- Hvað einkennir ljósdíóður?
- Teiknið táknmynd ljósdíóðu og setjið inn pólun hennar miðað við eðlilega notkun?
- Ljósdíóða dregur 15 mA straum og fellir yfir sig 1,6 V. Hún tengist 12 volta spennugjafa.
 - Teiknið mynd af rásinni.
 - Hvað þarf stóra seríumótstöðu við díóðuna?

Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar díóður-

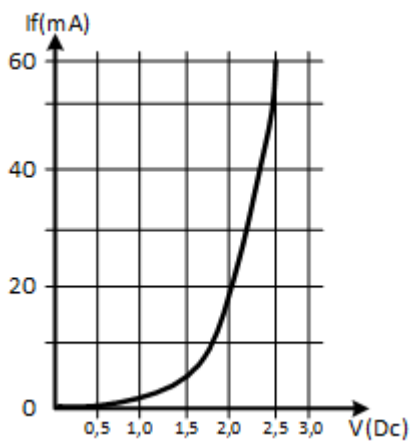
8. Fyrir ljósdíóðuna CQS54 gildir: $I_{Dmax} = 30 \text{ mA}$ og $P_{tmax} = 90 \text{ mW}$.
Bylgjulengd ljóssins sem díóðan gefur frá sér er 650 nm . $U = 10 \text{ V}$.

Uppstilling samkvæmt mynd 1.

- a) Hve stór er mótstaðan ef I_D er 10 mA og spennufallið $U_D = 2 \text{ V}$.
- b) Hvaða lit gefur ljósdíóðan frá sér (sjá mynd 2)?

9. Fyrir ljósdíóðuna CQW95 gildir: $I_{Dmax} = 60 \text{ mA}$ og $P_{tmax} = 150 \text{ mW}$, $U = 5 \text{ V}$.
Bylgjulengd ljóss 700 nm . Uppstilling samkvæmt mynd 1.

Einnig gildir myndin hér að neðan.



- a) Hve stór er mótstaðan R_1 við $I_D = 20 \text{ mA}$?
- b) Hvaða lit gefur ljósdíóðan frá sér?
- c) Hver er spenna díóðu ef $I_D = 60 \text{ mA}$?

10. Hvar verður ljós til í ljósdíóðu?

11. Hvaða efni eru notuð í ljósdíóðu fyrir sýnilegt rautt ljós?

12. Hver er líftími ljósdíóðu?

13. Hve háa hindrunarspennu U_{PIV} þolir ljósdíóða?

4. Æfing 2a - Mælingar á kennilínu ljósdíóðu

Tilgangur: Að mæla rauða ljósdíóðu og teikna út frá mælingum kennilínu hennar og sjá hvort hún fylgi hefðbundni reglu um að opunarspennu (1,2V – 2V) í leiðandi átt og að hún leiði engan straum í hindrunarátt.

Einnig á að finna einkennisferil gulrar og grænnar ljósdíóðu með því að nota hermiforrit. Búa á til kennilínurit þeirra í leiðandi átt og staðfesta opunarspennu.

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

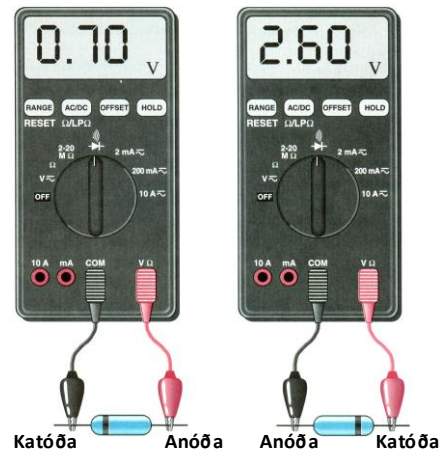
Framkvæmd 1: Er díóðan sem þú notar heil eða ónýtt?

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

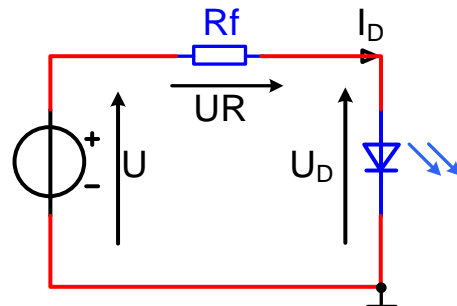
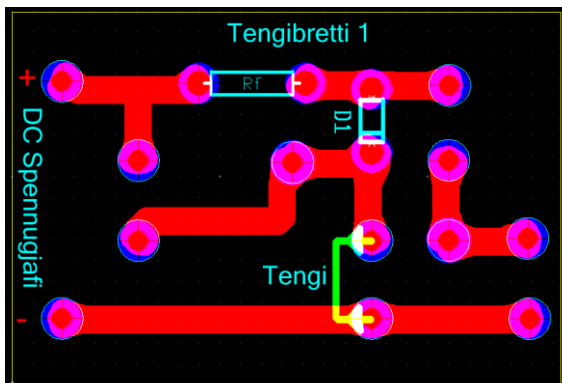
Díóða í leiðandi átt:
Stafrænn mælir sýnir: _____

Díóða í hindrunarátt:
Stafrænn mælir sýnir: _____

Settu X við viðeigandi:
Í lagi _____ Ónýtt _____



Framkvæmd 2: Leiðandi átt rauðrar ljósdíóðu – Kennilínurit.



Mynd 1. Tengimynd í leiðandi átt díóðunnar.

Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar díóður-

Tengið rásina samkvæmt mynd 1 hér að framan.

Stillið spennuna U samkvæmt töflu 1 bls.8 og mælið U_D og U_R . en reiknið I_D samkvæmt:

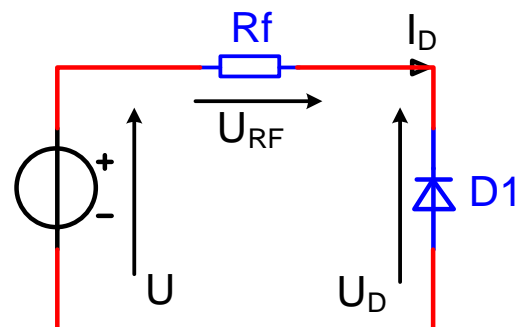
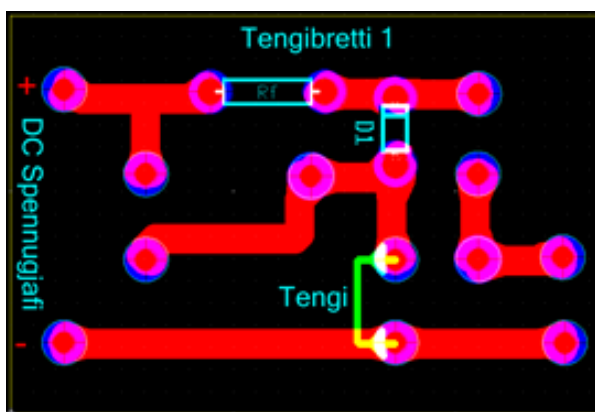
$$I_D = \frac{U - U_D}{R_f}$$

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 2.

Framkvæmd 3: Hindrunarátt ljósdíóðu – Kennilínurit.

Tengdu rásina í hindrunarátt, mynd 2.



Mynd 2. Tengimynd í hindrunarátt ljósdíóðu.

Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar díóður-

Mælið U_R og U_D fyrir spennuna U frá 0V til 5V með 1V þrepum og setjið inn í töflu 2.

Reiknið I_D út frá mældum gildum samkvæmt:

$$I_D = \frac{U_{RF}}{R_f}$$

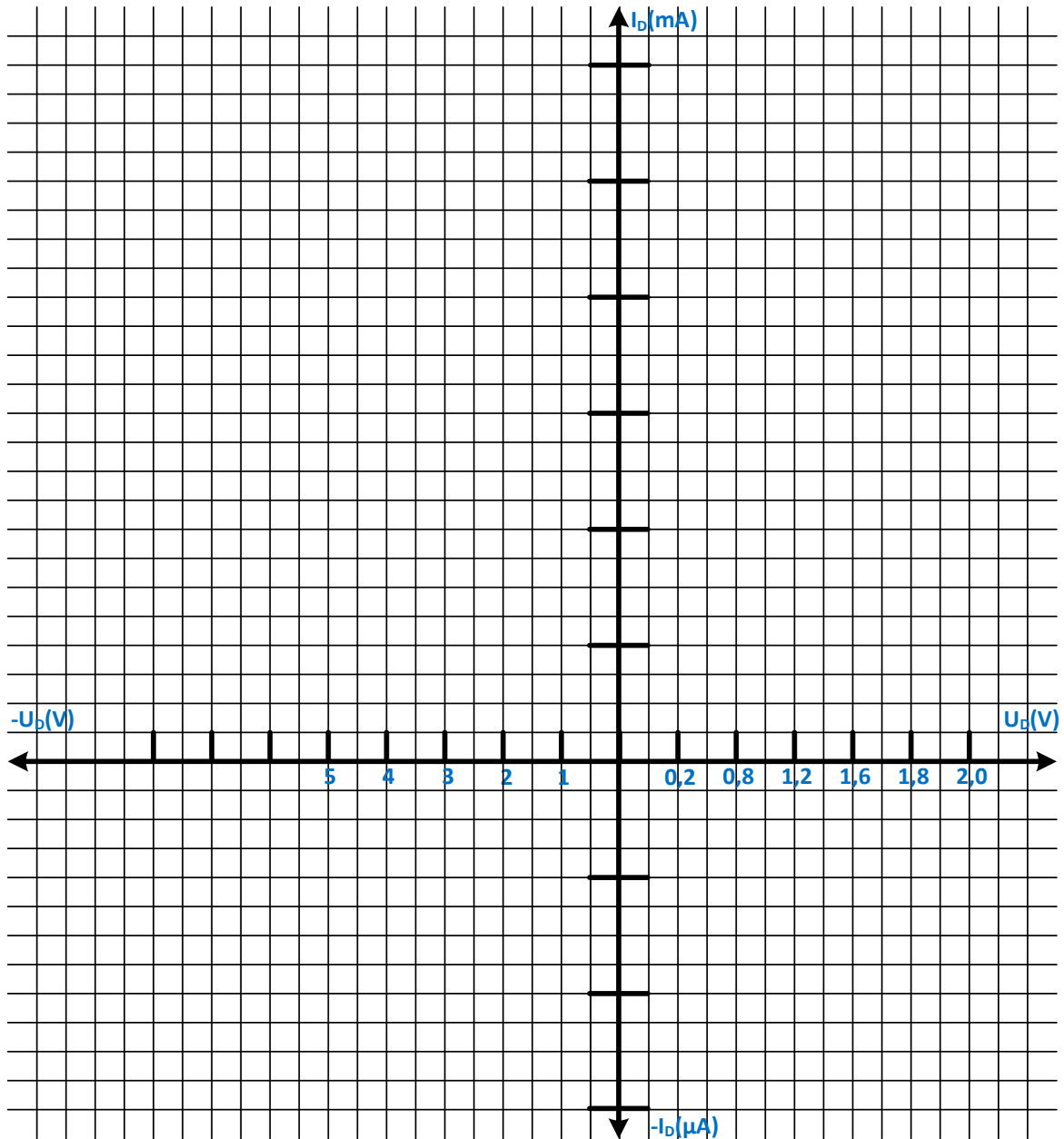
-U	-UR(V)	-UD(V)	-ID(μA)
0			
1			
2			
3			
4			
5			

Tafla 3.

Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar 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 úr töflu 2 og töflu 3.



Línurit 1 $I_D = f(U_D)$

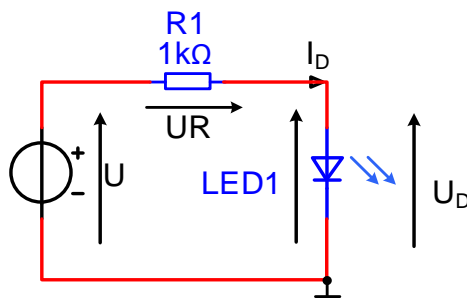
Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar díóður-

Æfing 2b - Gul og græn ljósdíóða mæld með hermi (Multisim)

Framkvæmd 5: Leiðandi átt ljósdíóða - Kennilínurit í leiðandi átt.

Tengið rásina samkvæmt mynd 3 fyrir gula og græna ljósdíóðu. Stillið spennuna U samkvæmt töflu 4 og mælið U_D og U_R . Reiknið I_D samkvæmt:

$$I_D = \frac{U_R}{R_1}$$



Mynd 3.

Niðurstöður mælinga fyrir gula ljósdíóðu				Niðurstöður mælinga fyrir græna ljósdíóðu			
U(V)	U _R (V)	U _D (V)	I _D (mA)	U(V)	U _R (V)	U _D (V)	I _D (mA)
0,5				0,5			
1				1			
2				2			
4				4			
6				6			
8				8			
10				10			
12				12			
14				16			
16				16			
18				18			
20				20			

Tafla 4.

Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar díóður-

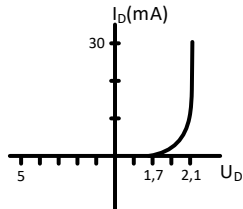
Framkvæmd 6: Kennilínurit gulrar og grænnar ljósdíóðu.

Teiknið upp einkennisferil í leiðandi átt fyrir græna og gula ljósdíóðu $I_D = f(U_D)$ inn á *línurit 1* með því nota mældar niðurstöðum hér á undan.

5. Svör við dæmum og spurningum

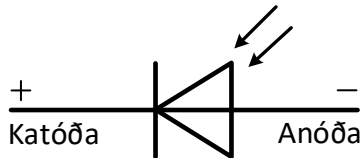
1. a) Stærri en 343Ω (Reiknað miðað við I_{Dmax} og U_{Dtyp})
 b) Stærri en 392Ω (Reiknað miðað við I_{Dmax} og U_{Dtyp})

2.



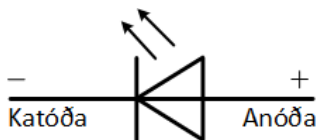
3. Þær hleypa auknum straum í gegn um sig við aukna birtu. Þær eru forspenntar í hindrunarátt.

4.

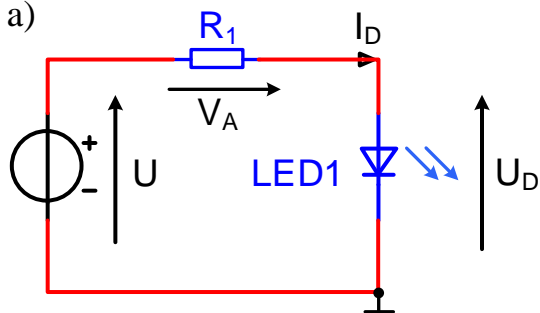


5. Þær gefa frá sér aukið ljós við aukin straum. Þær eru forspenntar í leiðandi átt.

6.



7. a)



- b) $R_1 = 693,3\Omega$

Rafeindafræði 2. hefti - Ljós- og ljósnæmar díóður-

8. a) $R_1 = 800\Omega$.

b) Rautt ljós

9. a) $R = 150\Omega$

b) Rautt ljós

c) $U_D = 2,5V$

10. Í samskeytum P- og N- efna

11. GaAsP

12. 100000 klst.

13. U.p.b. 5 Vol