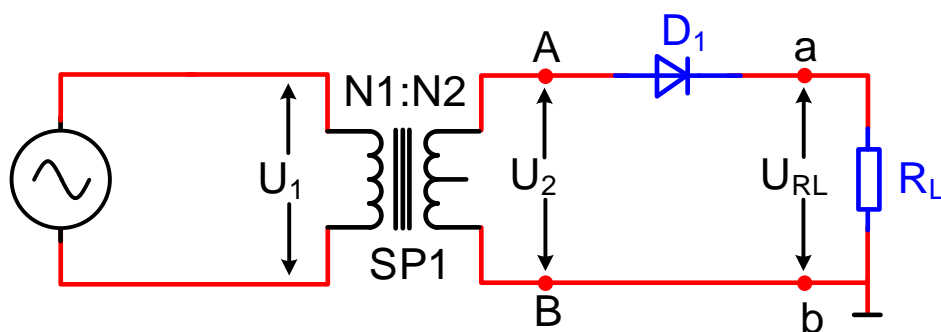




Rafbók



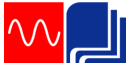
**Rafeindafræði 4. hefti**

**Hálfbylgjuafriðun**

**Sigurður Örn Kristjánsson**

**Bergsteinn Baldursson**

**Heftir með stuttum svörum**



---

**Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjaafriðun -**

---

Þetta hefti er án endurgjalds á rafbókinni [www.rafbok.is](http://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 Rafmenntar, fræðsluseturs rafiðnaðarins. Hvers konar sala á textanum í heild eða að hluta til er óheimil nema að fengnu leyfi höfundar og Rafmenntar.

Vinsamlegast sendið leiðréttingar og athugasemdir til höfundar og til Báru Laxdal Halldórsdóttur á netfangið [bara@rafmennt.is](mailto:bara@rafmennt.is)

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

---

**Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafríðun -**

---

**Efnisyfirlit**

1. Hálfbylgjuafríðun.....	3
1.1 Hálfbylgjuafríðun.....	3
1.2 Gáruspennujöfnun.....	5
1.3 Gáruspennujöfnun með hleðslupétti .....	5
1.4 Dæmi .....	8
2. Hálfbylgjuafríðun - mælingar .....	10
3. svör.....	15

---

## Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafríðun -

---

### 1. Hálfbylgjuafríðun

Í rafrásum er hlutverk spennugjafa afar mikilvægt. Þá má búa til á mismunandi hátt og fer hér á eftir lýsing á hvernig afriðun á sér stað með hjálp díóða.

#### 1.1 Hálfbylgjuafríðun

Hálfbylgjuafríðill er sýndur á mynd 1. Hún samanstendur af spenninum SP1 sem hefur vafningshlutfallið  $N_1:N_2$ , díóðu sem raðtengd er við álagið  $R_L$ . Riðspennan sem á að afriða kemur frá spennugjafanum  $U_1$  þar sem hún er þrepuð niður í spennuna  $U_2$ .

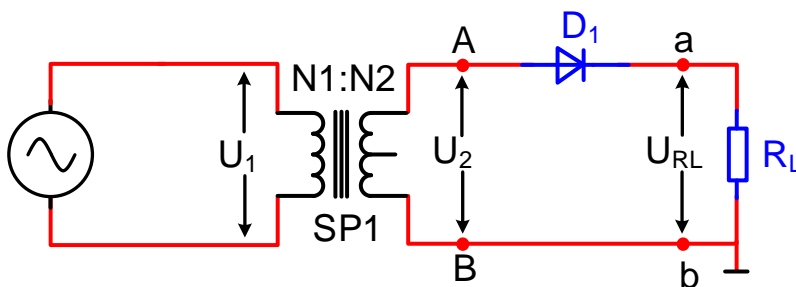
$$U_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_1$$

Riðspennan  $U_2$  er tengd á póla A og B á mynd 1 og er spennan inn á díóðuna. Þegar póll A (anóða) á díóðunni hefur jákvæðari spennu heldur en póll a (katóða) verður díóðan leiðandi og toppspenna  $U_{RL}(t)$  verður:

$$U_{RL}(t) = U_{2(t)} - 0,7V$$

þar sem  $U_{2(t)}$  er:

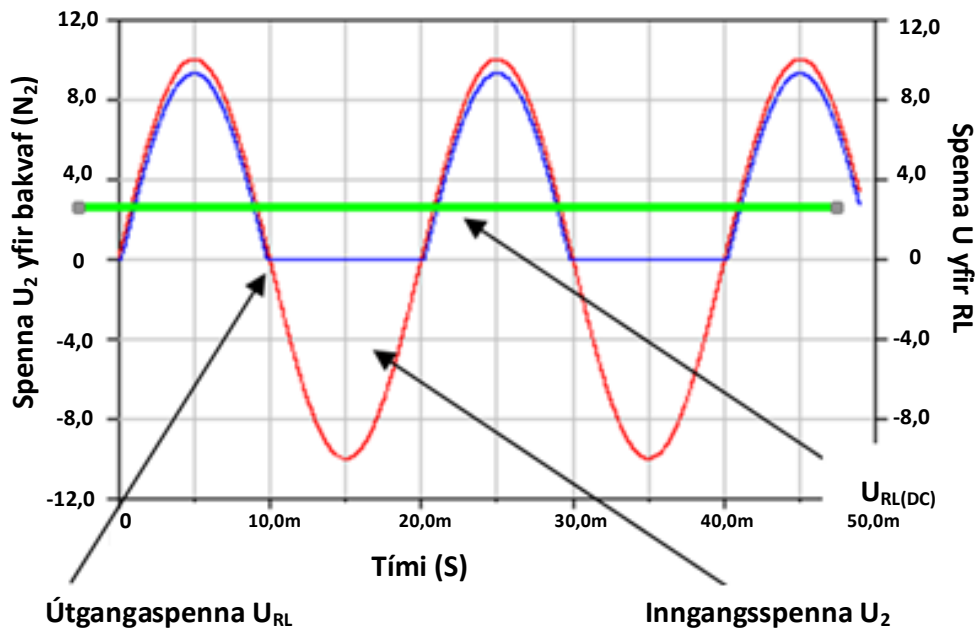
$$U_{2(t)} = \sqrt{2} \cdot U_2$$



Mynd 1. Hálfbylgju afriðill.

Þegar póll A (anóða) á díóðunni hefur neikvæðari spennu heldur en póll a (katóða) leiðir díóðan ekki straum og spennan  $U_{RL}$  verður núll. Mynd 2 sýnir feril inn- og útgangsspennu hálfbylgjuafríðilsins.

## Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafríðun -



Mynd 2. Hálfbylgjuafríðun.

Eins og mynd 2 sýnir verður eingöngu til spenna yfir álagið  $R_L$  þegar straumur rennur í díóðunni á jákvæða hluta innspennu sínusbylgjunnar ( $U_2$ ). Þetta er hálfbylgjuafríðun þar sem neikvæði hluti bylgjunnar verður núll yfir álagið þar sem enginn straumur rennur í rásinni. Eingöngu jákvæði hluti bylgjunnar tekur þátt í að byggja upp jafnspennuígildi  $(1) U_{RL(dc)}$ . Fyrir hálfbylgjuafríðun gildir að jafnspennuígildið  $U_{RL(dc)}$  er:

$$U_{RL(dc)} = \frac{U_{RL(t)}}{\pi}$$

Topp í topp gáruspennan sem verður til yfir álagið  $R_L$  fylgir reglunni:

$$U_{RL(gára)} = 1,2 \cdot U_{RL(dc)}$$

Þegar díóðan leiðir ekki þarf hún að þola bakspennu  $U_{PIV}$  sem er:

$$U_{PIV} > U_{2(t)}$$

### Sýnidæmi:

Hálfbylgjuafríðill er tengdur eins og mynd 1 sýnir. Finnið jafnspennu og gáruspennu yfir álagsmótstöðuna. Finnið einnig þá bakspennu sem díóðan þarf að þola?

---

**Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafríðun -**

---

Eftirfarandi er gefið  $U_1 = 230V$ ,  $N_1:N_2 = 23:1$

$$U_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_1 = \frac{1}{23} \cdot 230V = 10V$$

$$U_{2(t)} = \sqrt{2} \cdot U_2 = \sqrt{2} \cdot 10V = 14,1V$$

$$U_{R_L(t)} = U_{2(t)} - 0,7V = 14,1V - 0,7V = 13,4V$$

$$U_{R_L(dc)} = \frac{U_{R_L(t)}}{\pi} = \frac{13,4V}{\pi} = 4,3V$$

$$U_{R_L(gára)} = 1,2 \cdot U_{R_L(dc)} = 1,2 \cdot 4,3V = 5,2V$$

$$U_{(PIV)} > U_{2(t)} = 14,1V$$

### 1.2 Gáruspennujöfnun

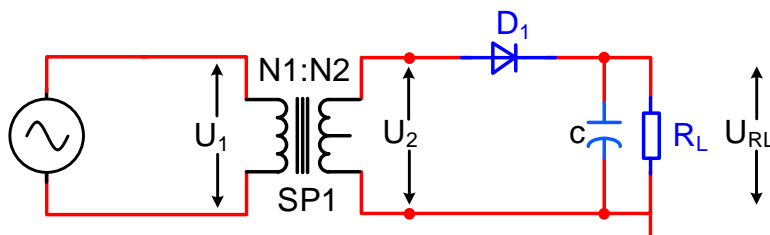
Jafnspennuígildi<sub>(I)</sub> frá afriðlum er ekki nægjanlega slétt til að nýtast fyrir flestar rafrásir. Sveiflukennd spennan sem frá þeim kemur getur valdið spennutruflunum og jafnvel skemmdum í rásum sem myndu tengjast þeim. Gáruspennusía er notuð til að jafna spennuna þannig að spennubreytingin verði sem minnst. Gáruspennusíun er hægt að ná fram með hleðslupétti og/eða hleðslupétti og mismunandi síurásum.

*(I) Jafnspennuígildi = meðalgildi spennu.*

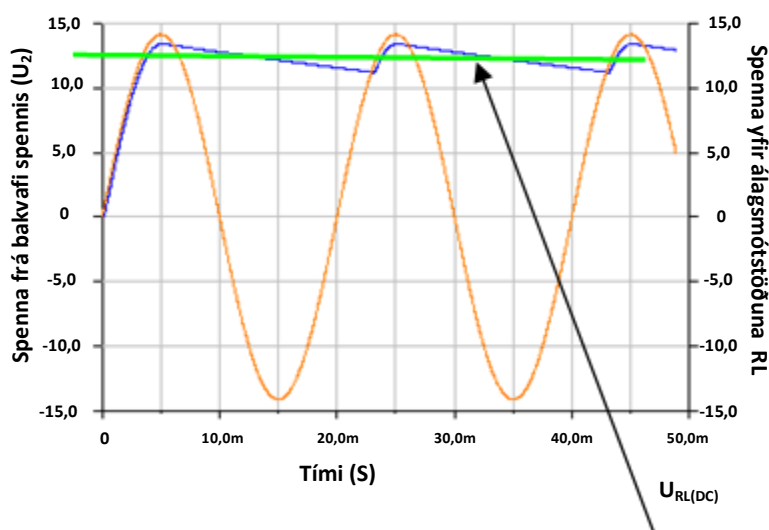
### 1.3 Gáruspennujöfnun með hleðslupétti

Áhrif hleðslupéttisins í hálfbylgjuafríðun sést vel á mynd 2b. Þar sést að þegar spennan  $U_2$  fer hækkandi hleðst þéttirinn C upp í toppgildi hennar. Þegar spennan  $U_2$  lækkar bregst þéttirinn við með því að gefa frá sér straum (hleðslu) til að viðhalda því ástandi sem honum finnst best, að vera fullhlaðinn. Það verður því hægt spennufall yfir álagið  $R_L$  þar til að spennan  $U_2$  fer hækkandi aftur og þéttirinn hleðst aftur upp við næstu sveiflu.

## Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafríðun -



Mynd 2a. Hálfbylgjuafríðill með hleðslupétti (C).



Mynd 2b. Spennuferlar hálfbylgjuafríðils með hleðslupétti (C).

Hversu hratt þéttirinn afhleðst byggir á tímastuðlinum  $\tau = R_L \cdot C_1$ . Spennan frá spennugjafanum  $U_{RL}$  hefur breyst úr sveiflukenndri spennu í til þess að gera jafna spennu sem þó hefur gáruspennu í formi sagtannar. Með því að setja inn þéttinn hefur jafnspennuígildi spennunnar  $U_2$  aukist næstum að toppspennu hennar og gáruspennan er u.þ.b. 10% af því sem hún var áður. **Hafa ber í huga að grunntíðni spennunnar  $U_2$  er 50 Hz og gáruspennunnar er líka 50 Hz.**

Jafnspennuígildið<sub>(1)</sub> sem verður til yfir álagið  $R_L$  í hálfbylgjuafríðun með þétti er:

$$U_{R_L(DC)} = \frac{U_{R_L(t)}}{\left[1 + \frac{1}{2 \cdot f \cdot R_L \cdot C}\right]}$$

Gáruspennan er fundin sem:

$$U_{R_L(gára(t))} = U_{R_L(t)} - U_{R_L(dc)}$$

<sub>(1)</sub> Jafnspennuígildi = meðalgildi spennu.

---

**Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafríðun -**

---

$$U_{R_L(gára_{rms})} = \frac{U_{R_L(gára_{(t)})}}{\sqrt{2}}$$

Gáruspennuhlutfallið  $r$  sem myndast í spennugjafanum er fundið sem:

$$r[\%] = \left[ \frac{U_{R_L(gára_{rms})}}{U_{R_L(dc)}} \right] \cdot 100\%$$

Díóðan þarf að þola í bakspennu:

$$U_{PIV} = 2 \cdot U_{2(t)}$$

**Sýnidæmi:**

Hálfbylgjuafríðill er tengdur eins og mynd 2a sýnir. Finnið jafnspennuna og gáruspennuna sem myndast yfir álagsmótstöðuna? Finnið bakspennuna sem díóðan þarf að þola?

Eftirfarandi er gefið  $U_1 = 230V$ ,  $N_1:N_2 = 10:1$ ,  $C = 1000 \mu F$ ,  $R_L = 120\Omega$  og  $f = 50 \text{ Hz}$

$$U_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_1 = \frac{1}{10} \cdot 230V = 23V$$

$$U_{2(t)} = \sqrt{2} \cdot U_2 = \sqrt{2} \cdot 23V = 32,5V$$

$$U_{R_L(t)} = U_{2(t)} - 0,7V = 32,5V - 0,7V = 31,8V$$

$$U_{R_L(dc)} = \frac{U_{R_L(t)}}{\left[ 1 + \frac{1}{2 \cdot f \cdot R_L \cdot C_1} \right]} = \frac{31,8V}{\left[ 1 + \frac{1}{2 \cdot 50Hz \cdot 120\Omega \cdot 1000\mu F} \right]} = 29,4V$$

$$U_{R_L(gára_{(t)})} = U_{R_L(t)} - U_{R_L(dc)} = 31,8V - 29,4V = 2,4V$$

$$U_{R_L(gára)} = \frac{U_{R_L(gára_{(t)})}}{\sqrt{2}} = \frac{2,4V}{\sqrt{2}} = 1,7V$$

$$U_{(PIV)} = 2 \cdot U_{2(t)} = 65,1V$$

$$r[\%] = \left[ \frac{U_{R_L(gára)}}{U_{R_L(dc)}} \right] \cdot 100 = \frac{1,7V}{29,4V} \cdot 100 = 5,8\%$$



---

**Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafríðun -**

---

**1.4 Dæmi**

1. Hálfbylgjuafríðill með álagi sem er  $1\text{ k}\Omega$  en án þétti hefur spennuna  $U_1 = 230$  Volt og vafningshlutfall spennis er  $N_1:N_2 = 5:1$ .

a) Reiknið  $U_{RL(dc)}$ ?

b) Reiknið  $U_{RL(gáru)}$ ?

c) Hvað þarf díóðan að þola í bakspennu  $U_{PIV}$ ?

2. Hálfbylgjuafríðill með álagi sem er  $5\text{ k}\Omega$  en án þétti hefur spennuna  $U_1 = 230$  Volt og vafningshlutfall spennis er  $N_1:N_2 = 10:1$ .

a) Reiknið  $U_{RL(dc)}$ ?

b) Reiknið  $U_{RL(gáru)}$ ?

c) Hvað þarf díóðan að þola í bakspennu  $U_{PIV}$ ?

3. Hálfbylgjuafríðill með álagi og þétti sem er  $1\text{ k}\Omega$  hefur spennuna  $U_1 = 230$  Volt og vafningshlutfall spennis er  $N_1:N_2 = 5:1$ ,  $C = 470\mu\text{F}$  og  $f = 50\text{Hz}$ .

a) Reiknið  $U_{RL(dc)}$ ?

b) Reiknið  $U_{RL(gáru)}$ ?

c) Reiknið nýtnina  $r$  í %?

d) Hvað þarf díóðan að þola í bakspennu  $U_{PIV}$ ?

---

**Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafríðun -**

---

4. Hálfbylgjuafríðill með álagi og þétti sem er  $5\text{ k}\Omega$  hefur spennuna  $U_1 = 230$  Volt og vafningshlutfall spennis er  $N1:N2 = 10:1$ ,  $C = 220\mu\text{F}$  og  $f = 50\text{Hz}$ .

- a) Reiknið  $U_{RL(dc)}$ ?
- b) Reiknið  $U_{RL(gáru)}$ ?
- c) Reiknið nýtnina  $r$  í %?
- d) Hvað þarf díóðan að þola í bakspennu  $U_{PIV}$ ?

5. Hálfbylgjuafríðill án álags hefur spennuna  $U_1 = 230$  Volt og vafningshlutfall spennis er  $N1:N2 = 1:10$ ,  $C = 470\mu\text{F}$  og  $f = 50\text{Hz}$ .

- a) Reiknið  $U_{RL(dc)}$ ?
- b) Reiknið  $U_{RL(gáru)}$ ?
- c) Reiknið nýtnina  $r$  í %?
- d) Hvað þarf díóðan að þola í bakspennu  $U_{PIV}$ ?

6. Hálfbylgjuafríðill með álagi og þétti sem er  $220\text{ }\Omega$  hefur spennuna  $U_1 = 230$  Volt og vafningshlutfall spennis er  $N1:N2 = 15:1$ .  $C = 2200\mu\text{F}$  og  $f = 50\text{Hz}$ .

- a) Reiknið  $U_{RL(dc)}$ ?
- b) Reiknið  $U_{RL(gáru)}$ ?
- c) Reiknið nýtnina  $r$  í %?
- d) Hvað þarf díóðan að þola í bakspennu  $U_{PIV}$ ?

## 2. Hálfbylgjuafríðun - mælingar

### Tilgangur:

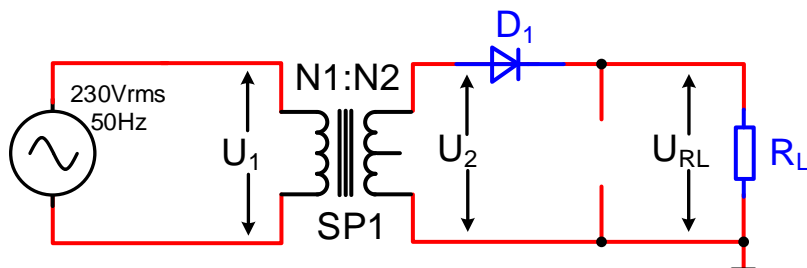
Að mæla hálfbylgjuafríðil við mismunandi ástand og finna út hvernig jafn- og gáruspenna hálfbylgjuafríðils breytist við mismunandi þéttastærðir. Einnig að sjá hvernig jafn- og gáruspennan breytist við stöðugan þétti en breytilegt álag. Teikna út frá upplýsingum mismunandi línurit.

### Efni:

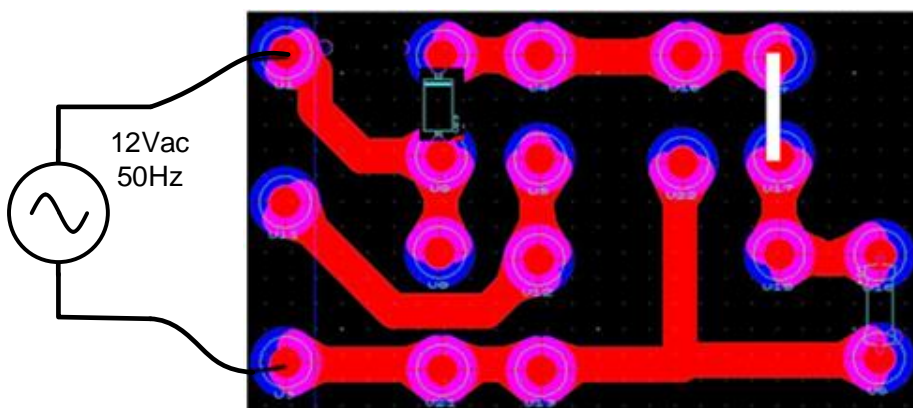
Íhlutabretti fyrir hálfbylgjuafríðun.

### Framkvæmd 1: Hálfbylgjuafríðun án þétti en með álagi

Tengdu, mældu og reiknaðu á rásina samkvæmt mynd 1 og 2 og færið niðurstöður inn í töflu.  $R_L = 150\Omega$  og  $U_2 = 12V_{ac}$ .



Mynd 1. Rásamynd af heilbylgjuafríðli.



Mynd 2. Tillaga að uppsetningu rásar á tengibretti.

---

**Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjaafriðun -**

---

a) Mælið  $U_2$  ac (Mælir stilltur á  $U_{ac}$ ) =

b) Reiknið  $U_{2(t)} = \sqrt{2} \cdot U_2 =$

**Með því að nota  $U_{2(t)}$  ac reiknið:**

c)  $U_{RL(dc)} = \frac{U_{RL(t)}}{\pi} =$

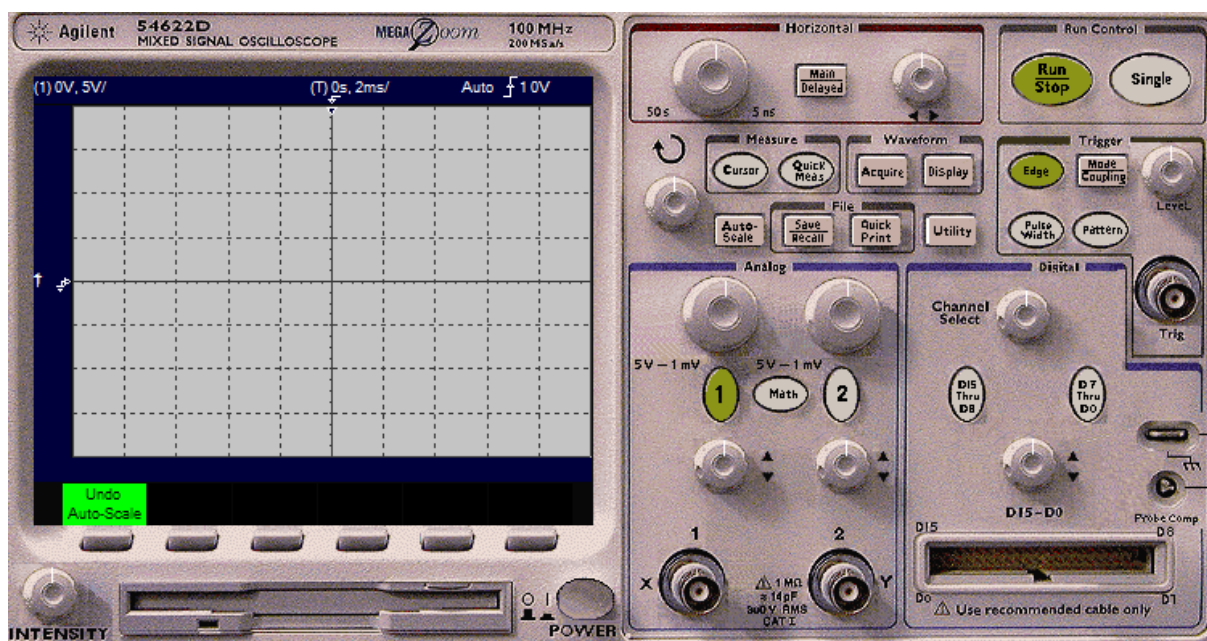
d)  $U_{RL(gára)} = 1,2 \cdot U_{RL(dc)} =$

e) Mælið  $U_{RL}$  dc (Mælir stilltur á  $U_{dc}$ )

f) Mælið  $U_{RL}$  gára ac (Mælir stilltur á  $U_{ac}$ )

g) Reiknið gáruspennuhlutfallið  $r = \frac{U_{RL(gára)}}{U_{RL(dc)}} =$

Teiknið með hjálp sveiflusjá ferlana  $U_2$  ac og  $U_{RL}$  dc t.d. með mismunandi lit.



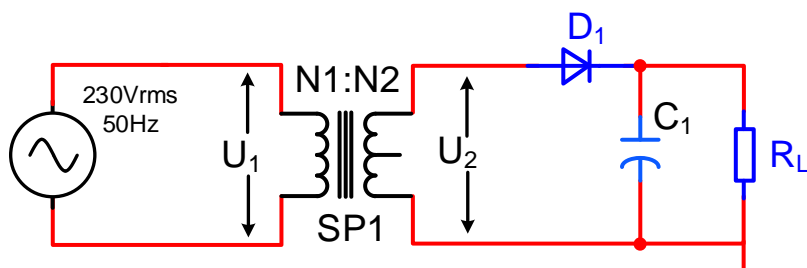
Hvað er Volt á rúðu samkvæmt sveiflusjá?

Hvað er Tíminn á rúðu samkvæmt sveiflusjá?

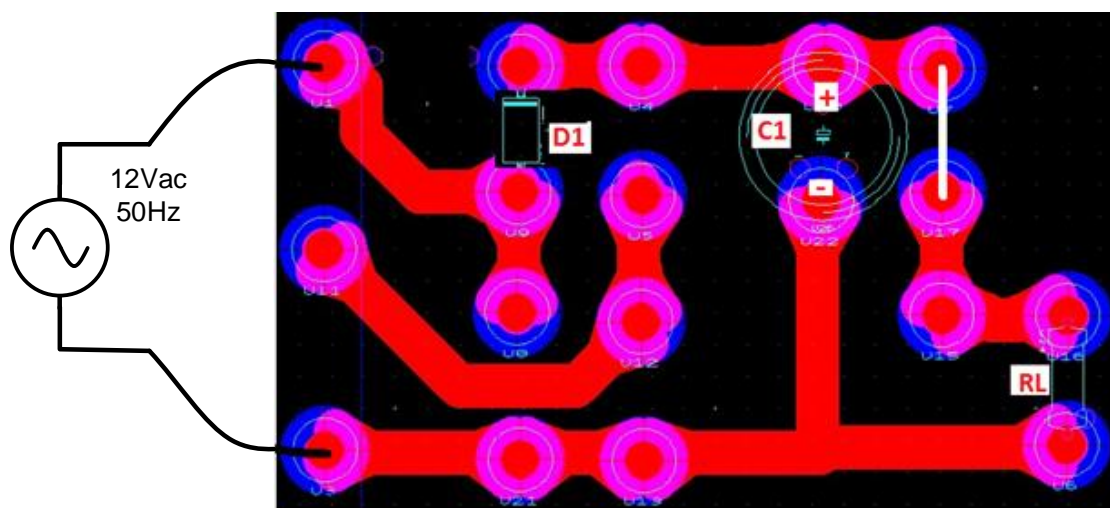
## Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafriðun -

### Framkvæmd 2 - Hálfbylgjuafriðun með þétti og álagi.

Tengdu, mældu og reiknaðu á rásina samkvæmt mynd 3 og 4 og færið niðurstöður inn í töflu á bls.14.  $R_L = 150\Omega$  og  $U_2 = 12V_{ac}$  og  $C_1$  samkvæmt töflu á bls.14.



Mynd 3. Rásamynd af heilbylgjuafriðli.



Mynd 4. Tillaga að uppsetningu rásar á tengibretti.

Mælið  $U_2$  ac (Mælir stilltur á  $U_{ac}$ ) =

---

**Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjaafriðun -**

---

$$C = 100\mu\text{F}$$

$$C = 470\mu\text{F}$$

$$C = 1000\mu\text{F}$$

Með því að nota mælt gildi af  $U_{2ac}$ ,

reiknið:

$$U_{2(t)} = \sqrt{2} \cdot U_2 =$$

$$U_{R_L(t)} = U_{2(t)} - 0,7V =$$

$$U_{R_L(dc)} = \frac{U_{R_L(t)}}{1 + \frac{1}{2 \cdot f \cdot R_L \cdot C_1}} =$$

$$U_{R_L(gára(t))} = U_{R_L(t)} - U_{R_L(dc)} =$$

$$U_{R_L(gára)} = \frac{U_{R_L(gára(t))}}{\sqrt{2}} =$$

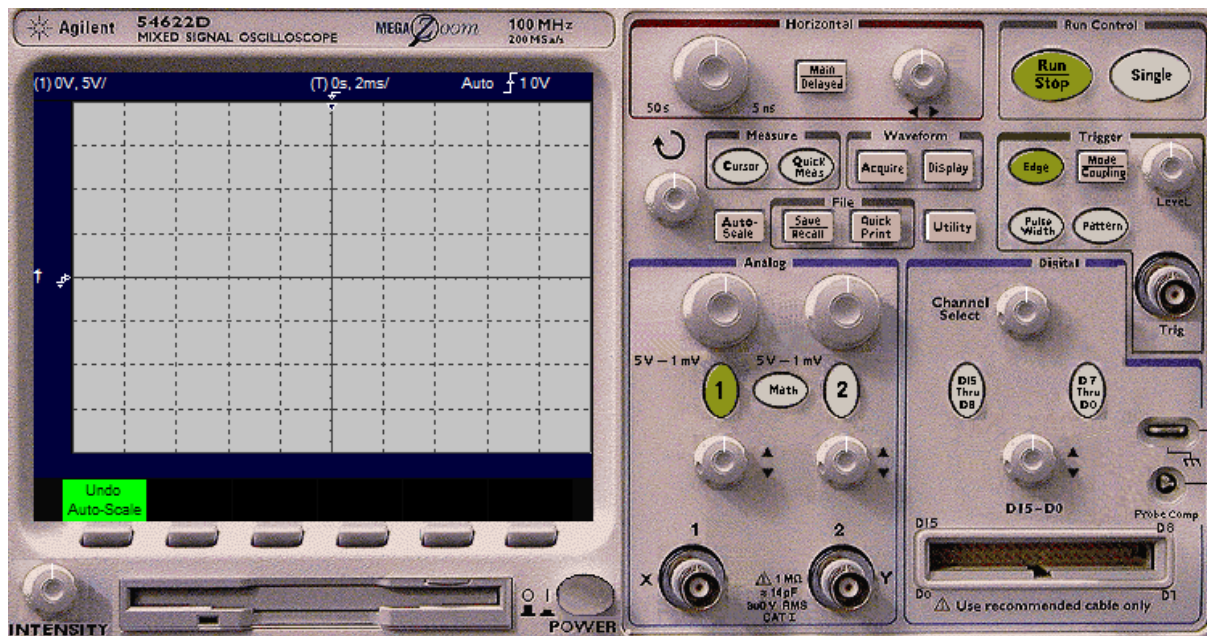
$$\text{Mælið } U_{RL \text{ dc}} \text{ (Mælir stilltur á } U_{dc}) =$$

$$\text{Mælið } U_{RL \text{ gáru ac}} \text{ (Mælir stilltur á } U_{ac}) =$$



## Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjuafríðun -

Með hjálp sveiflusjár setjið inn í línurit  $U_{RLdc}$  fyrir  $C_1$ ,  $C_2$  og  $C_3$ . Sýnið núlllínu.



Hvaða áhrif hefur stækkandi þéttir á jafnspennuna  $U_{Rdc}$  og  $U_{RLgáruac}$ ?

Á hvað er „Volt á rúðu tími á rúðu“ stillt samkvæmt sveiflusjá?

V/DiV=

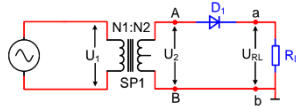
T/DIV=

## Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjaafriðun -

## 3. svör

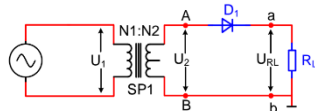
Dæmi 1.4

1.



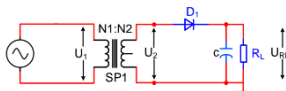
- a. 20,5V
- b. 24,6V
- c. 64V

2.



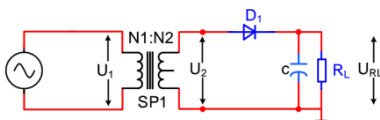
- a. 10,2V
- b. 12,2V
- c. 32,5V

3.



- a. 63V
- b. 0,93V
- c. 1,5%
- d. 130V

4.



- a. 31,5V
- b. 0,21V
- c. 0,7%
- d. 64V

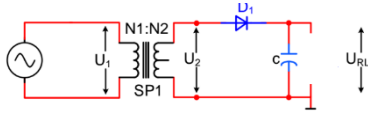


---

**Rafeindafræði 4. hefti - Hálfbylgjaafriðun -**

---

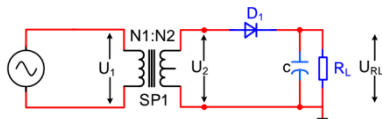
5.



ATH. Það verður ekkert spennufall yfir díóður þar sem engin straumur rennur í rásinni.

- a. 3253V
- b. 0V
- c. 0%
- d. 6506V

6.



- a. 20,06V
- b. 0,28V
- c. 1,4%
- d. 43,4V