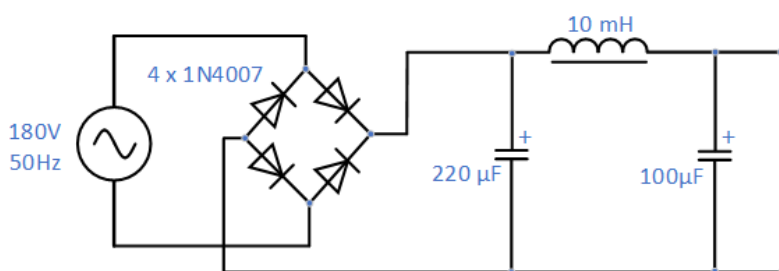


Rafbók



REIT rafeindatækni

6. kafli

Jöfnun og reglun

Flemming Madsen

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

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 Rafmenntar, fræðsluseturs rafiðnaðarins. Hvers konar sala á textanum í heild eða að hluta til er óheimil nema að fengnu leyfi höfundar og Rafmenntar.

Höfundur er Flemming Madsen.

Umbrot í rafbók og teikningar Báru Laxdal Halldórsdóttir.

Vinsamlegast sendið leiðréttingar og athugasemdir til höfundar Flemmings Madsen flemmma@icloud.com eða til Báru Laxdal Halldórsdóttur á netfangið bara@rafmennt.is

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

Efnisyfirlit

.....	0
Formúlur og útskýringar fyrir jöfnunardæmin	3
Dæmi 6.1	6
Dæmi 6.2	7
Dæmi 6.3	8
Dæmi 6.4	9
Dæmi 6.5	10
Dæmi 6.6	11
Dæmi 6.7	12
Dæmi 6.8	13
Dæmi 6.9	14
Dæmi 6.10	15
Dæmi 6.11	16
Dæmi 6.12	17
Dæmi 6.13	18

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

Formúlur og útskýringar fyrir jöfnunardæmin

Svörin við öllum útreikningum eru miðuð við þetta formúlublað.

Skammstafanir sem notaðar eru í formúlunum:

Udcinn er notað fyrir dc-spennuna sem á að jafna.

uinn er notað fyrir gáruspennuna á inngangi jöfnunarrásarinnar.

Udcút er notað fyrir dc-spennuna eftir jöfnun.

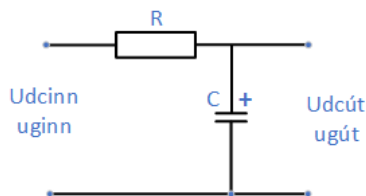
ugút er notað fyrir gáruspennuna eftir jöfnun.

ugpp er notað fyrir topp-toppildi gáruspennunnar.

Iá er notað fyrir álagsstrauminn á útgangi rásarinnar.

Rdyn er notað fyrir innra viðnámið (riðstraumsviðnámið) í zenerdíóðunni.

RC-jöfnunarliður:



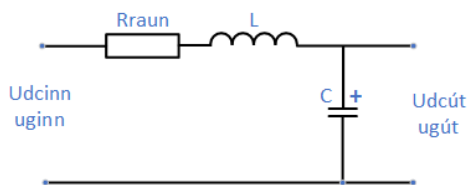
$$Udcút = Udcinn - (R \cdot Iá)$$

$$ugút = ugin \cdot \frac{XC}{R} \text{ ef } R \gg XC$$

Ef R er nálægt XC

$$ugút = ugin \cdot \left(\frac{XC}{\sqrt{XC^2 + R^2}} \right)$$

LC-jöfnunarliður:



$$Udcút = Udcinn - (Rraun \cdot Iá)$$

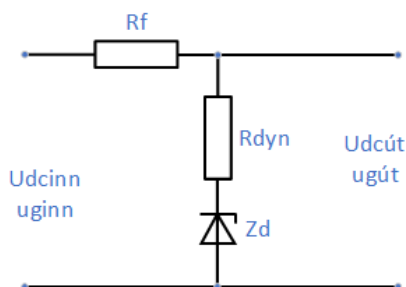
Forsenda fyrir ugút

$$XL \gg XC \text{ og } XL \gg Rraun$$

$$ugút = ugin \cdot \frac{XC}{XL}$$

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

Zenerdíóða jöfnunarliður:



$$U_{dcút} = U_{dcinn} - (R \cdot (I_z + I_a))$$

Forsenda fyrir ugút er $R_f > R_{dyn}$

$$u_{gút} = u_{gin} \cdot \frac{R_{dyn}}{R_f}$$

Til þess að finna R_{dyn} þarf að fletta datablöðum frá framleiðanda. Í dæmunum hér á eftir er notað nálgunargildi fyrir R_{dyn} eins og hér segir:

R_{dyn} er fyrir 0,4 W - 1,5 Z_d u.þ.b.

Fyrir 2,4 – 5 W 50% af uppgefðu viðnámsgildi.

3 V zenerspenna $\approx 10 \Omega$

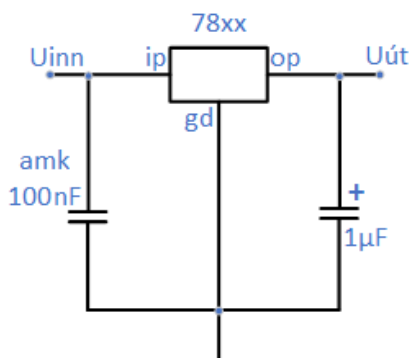
6 V zenerspenna $\approx 5 \Omega$

15 V zenerspenna $\approx 10 \Omega$

24 V zenerspenna $\approx 20 \Omega$

40 V zenerspenna $\approx 50 \Omega$

Spennustillirás með fastri útgangsspennu:



$U_{út} =$ síðustu 2 tölur í heiti rásarinnar.

Dæmi: 7812 = 12 V útgangsspenna

Hæsta inngangsspenna er 35 V meiri en útgangsspennan.

$P_{max} = 2 \text{ W}$ (án kælingar 25°C)

$P_{max} = 15 \text{ W}$ (með kælingu)

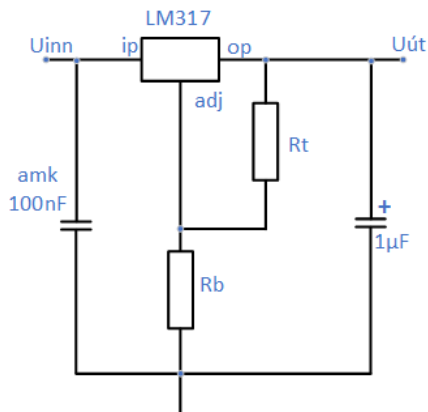
$I_{max} = 1 \text{ A}$ Til eru gerðir sem þola meira.

Athugaðu datablað.

$$U_{gpp} = U_{gára inn} / 3200 \text{ (70 dB)}$$

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

Stillanleg spennustillirás:



$$U_{út} = 1,25 \cdot \left(1 + \frac{R_b}{R_t}\right)$$

$U_{Rt} = 1,25 \text{ V} = \text{viðmiðunarspenna}$

$I_{Rb} > 2,5 \text{ mA}$

Hæsta inngangsspenna er ca. 37 V meiri en útgangsspennan.

$P_{\text{max}} = 2 \text{ W}$ (án kælingar 25°C)

$P_{\text{max}} = 20 \text{ W}$ (með kælingu)

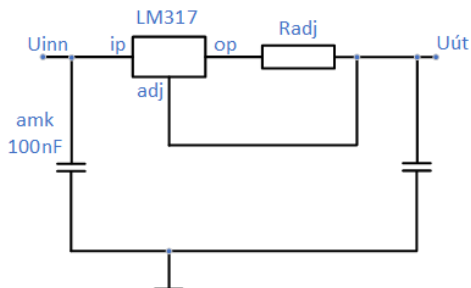
$I_{\text{max}} = 2,2 \text{ A}$

$U_{\text{gpp}} = U_{\text{gára inn}} / 1800$ (65 dB)

$U_{\text{gpp}} = U_{\text{gára inn}} / 10000$ (80 dB)

með 10 μF-þétti yfir R_b .

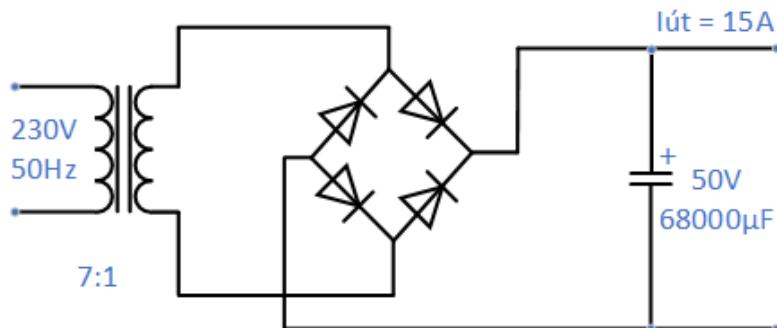
Straumgjafi:



$$I_{út} = \frac{1,25}{R_{adj}}$$

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

Dæmi 6.1



- Reiknaðu út hve mörg V spennan er á eftirvaf spennubreytisins.
- Reiknaðu út hve mörg V_{pp} gáruspennan er yfir þéttinn.
- Reiknaðu út hve mörg V útgangsspenna rásarinnar U_{dc} er.
- Reiknaðu út hve mörg A straumurinn er í forvafi spennubreytisins.
- Þegar hár straumur er tekinn út úr spennugjafa, er hætt á að þéttirinn eftir díóðubruna þoli ekki ac-gárustrauminn sem hleðst inn og út af þéttinum milli hálfbylgja. Framleiðendur gefa til kynna hve háan gárustraum stórir þéttar þola með merkingunni $I_{ripp\ max}$ eða I_{eff} . Til þess að fá vísbendingu um hve hár 100 Hz rms-gárustraumur I_{ripp} er í hleðsluþétti, er hægt að styðjast við eftirfarandi formúlu:

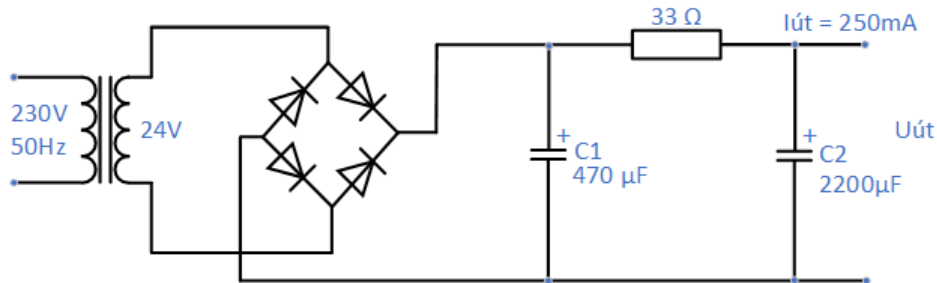
$$I_{ripp\ max} = 0,45 \cdot \frac{U_{gpp}}{X_c}$$

Þéttirinn í rásinni á myndinni er merktur 68000 μF , 50 V, $I_{eff\ max}$ 50 A. Reiknaðu út hvort þéttirinn þolir álagið með því að reikna út hve mörg A ac-gárustraumurinn I_{ripp} er.

- Þolir þéttirinn þennan álagsstraum?
- Ef þéttirinn þolir ekki strauminn, hvað er þá til ráða?

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

Dæmi 6.2



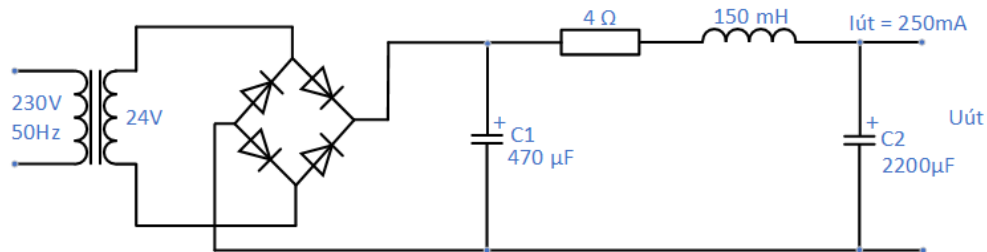
Myndin sýnir afriðunarrás og gáruspennujöfnun með RC-lið.

- Reiknaðu út hve mörg V_{pp} gáruspennan er yfir þéttinn C1.
- Reiknaðu út hve mörg volt dc-meðalspennan er yfir þéttinn C1.
- Reiknaðu út hve mörg V_{pp} gáruspennan er yfir þéttinn C2.
- Reiknaðu út hve mörg volt dc-útgangsspenna rásarinnar er.
- Reiknaðu út hve mörg volt spennan yfir C1 og dc-útgangsspennan er, ef álagsstraumurinn $I_{út}$ lækkar niður í 100 mA?
- Reiknaðu út hve mörg Ω innra viðnám rásarinnar er. $R_i = \Delta U_a / \Delta I_a$:
- Hvað er það sem veldur því að útgangsspennan breytist þegar útgangsstraumurinn breytist?
- Reiknaðu út hve mörgum sinnum RC-liður, sem samanstendur af 33 Ω viðnámi og 2200 μF þétti, lækkar gáruspennuna.
- Reiknaðu út hve mörg dB 33 Ω – 2200 μF RC-liður lækkar gáruspennuna?

$$dB = 20 \log \left(\frac{u_{gppC1}}{u_{gppC2}} \right)$$

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

Dæmi 6.3



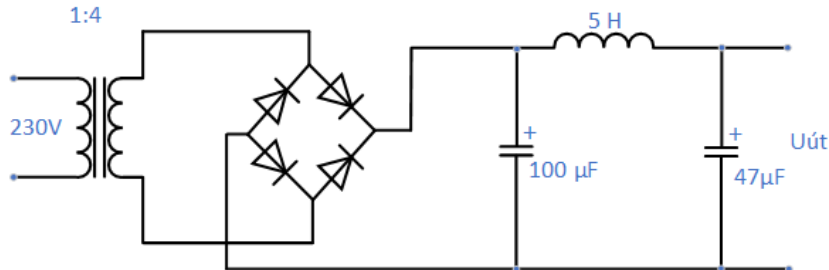
Myndin sýnir afriðunarrás eins og í dæmi 6.2 en gáruspennujöfnunin er gerð með LC-lið.

- Hvers vegna er Dc og gáruspennan yfir C1 eins og í dæmi 6.2?
- Reiknaðu út hve mörg Vpp gáruspennan er yfir þéttinn C2.
- Reiknaðu út hve mörg volt dc-útgangsspenna rásarinnar Uút er.
- Reiknaðu út hve mörg volt dc-útgangsspennan er ef álagsstraumurinn Iút lækkar niður í 100 mA?
- Reiknaðu út hve mörg Ω innra viðnám spennugjafans er. $R_i = \Delta U_a / \Delta I_a$
- Hvers vegna er útgangsspennan stöðugri en í dæmi 6.2?
- Reiknaðu út hve mörgum sinnum 150 mH – 2200 μF LC-liður lækkar gáruspennuna?
- Reiknaðu út hve mörg dB 150 mH – 2200 μF LC-liður lækkar gáruspennuna?

$$dB = 20 \log \left(\frac{ugppC1}{ugppC2} \right)$$

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

Dæmi 6.4

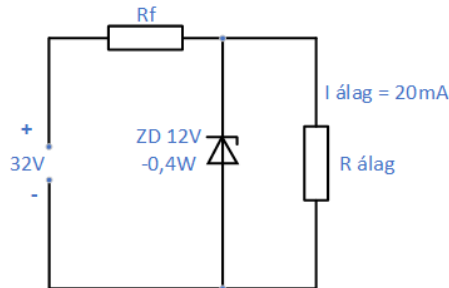


Myndin sýnir spennugjafarás fyrir senditæki með lampa í útganginum.

- Reiknaðu dc-spennuna yfir 100 uF þéttinn ef útgangsstraumur rásarinnar er 200 mA.
- Reiknaðu út hve mörg volt díóðurnar í díóðubrúnni eiga að þola í hindrunarátt.
- Hvernig væri hægt að nota 1N 4007-díóður sem þola 1000 V í hindrunarátt í díóðubrúnni?
- Reiknaðu út dc-útgangsspennu rásarinnar við 100 mA og 200 mA álagsstraum. Ath. Gáruspennan yfir 100μF-þéttinn er ekki eins við 100 mA og 200 mA.
- Reiknaðu út gáruspennu rásarinnar við 100 mA og 200 mA.
- Reiknaðu út hve mörg dB LC-liðurinn lækkar gáruspennu rásarinnar.
- Reiknaðu út hve mörg Ω innra dc-viðnám spennugjafans er. $R_i = \Delta U_a / \Delta I_a$

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

Dæmi 6.5



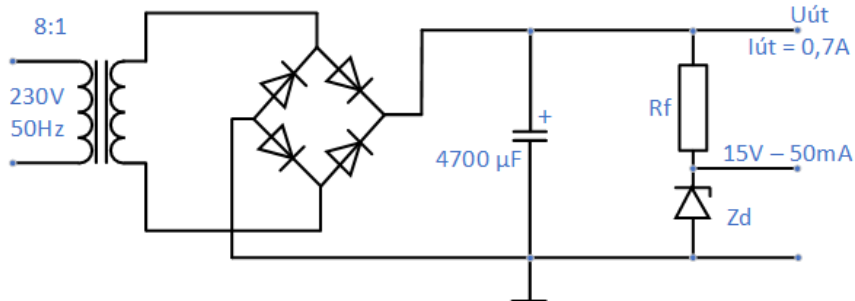
*Rásin sem sýnd er á tengimyndinni á að lækka
32 V spennugjafaspennu niður í 12 V.*

- Straumurinn í zenerdíóðunni á að vera 70% af því sem hún þolir. Reiknaðu út hve mörg mA straumurinn er í R_f .
- Reiknaðu út hve mörg Ω R_f á að vera.
- Reiknaðu út hve mörg W forviðnámið R_f á að þola.
- Reiknaðu út hve mörg A útgangsstraumurinn má vera áður en útgangsspennan byrjar að lækka niður fyrir 12 V.
- Reiknaðu úr hve margra Ω viðnám má tengja við $U_{út}$, ef spennan má ekki lækka niður fyrir 12 V.
- Reiknaðu út hve mörg volt útgangsspennan verður ef $I_{álag}$ hækkar í 30 mA.
- Reiknaðu út hve mörg Ω innra viðnám spennugjafans er. $R_i = \Delta U_{á} / \Delta I_{á}$
- Reiknaðu út hve mörg Vpp gáruspennan er á útgang rásarinnar á tengimyndinni ef gáruspennan ugpp á innganginn er 1 Vpp.
- Reiknaðu út hve mörgum sinnum R_f og zenerdíóðan lækkar gáruspennuna.
- Reiknaðu út hve mörg dB zenerdíóðurásin á myndinni lækkar gáruspennuna.

$$dB = 20 \log \left(\frac{u_{gppinn}}{u_{gppút}} \right)$$

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

Dæmi 6.6



Zenerdíóðurásin á myndinni lækkar 38,3 V spennuna niður í 15 V með 1,5 W zenerdíóðu.

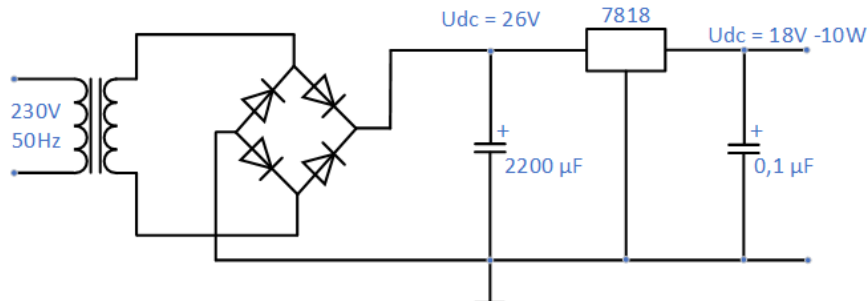
- Reiknaðu út hve mörg V_{pp} gáruspennan yfir $4700\mu F$ -þéttinn er. Straumurinn í zenerdíóðunni er 55% af hámarksstrauminum sem díóðan þolir.
- Reiknaðu út hve mörg volt útgangsspennan $U_{út}$ er.
- Reiknaðu út útgangsspennuna $U_{út}$ ef 230 V netspennan hækkar upp í 240 V.
- Reiknaðu út hve mörg Ω og W forviðnámið R_f á að vera. $I_z = 55\% \times I_{zmax}$
- Reiknaðu út hve mörg V_{pp} gáruspenna á 15 V útganginn er.
- Reiknaðu út hver spennan yfir zenerdíóðuna verður ef netspennan breytist úr 230 V í 240 V.
- Reiknaðu út hver 15 V útgangsspennan verður ef útgangsstraumurinn breytist í 30 mA. Vísbending: Spennufallið yfir R_{dyn} breytist þegar straumurinn í zenerdíóðunni breytist.
- Reiknaðu út hve mörg Ω innra dc-viðnám 15 V spennugjafarásarinnar er.

$$R_i = \Delta U_a / \Delta I_a$$

- Hvaða afleiðingar hefur það að tengja $4700\mu F$ -þétti yfir 15 V útganginn?

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

Dæmi 6.7



- A. Reiknaðu út hve mörg A útgangsstraumur rásarinnar er.
- B. Reiknaðu út hve mörg V_{pp} gáruspennan yfir $2200\mu\text{F}$ -þéttinn er.
- C. Reiknaðu út hve mörg V_{pp} gáruspennan er á útgang spennugjafans. Á upplýsingablaðinu yfir spennustillirásina 7818 kemur fram að ripple rejection er 70 dB, þ.e. 3200 sinnum.
- D. Reiknaðu út afltapið í 7818-rásinni.
- E. Reiknaðu út nýtni rásarinnar ef tapið í spennubreytinum er 7%. Ath. Þú þarft að reikna tapið í díóðubrunni með.
- F. Gáruspennan yfir $2200\mu\text{F}$ -þéttinn hækkar þegar þéttirinn verður gamall. Reiknaðu út hæstu leyfilegu gáruspennu á inngang 7818-rásarinnar. Lægsta leyfilega spennan yfir spennustillirásina er 2 V ef hún á að vinna eðlilega.
- G. Hve mörg V_{pp} yrði gáruspenna rásarinnar í lið F. Ripple rej. = 70 dB
- H. Á upplýsingablaðinu kemur fram að innra viðnám 7818-spennustillirásarinnar er $0,017\ \Omega$. Reiknaðu út hve mörg V útgangsspennan myndi hækka ef álagið væri aftengt.

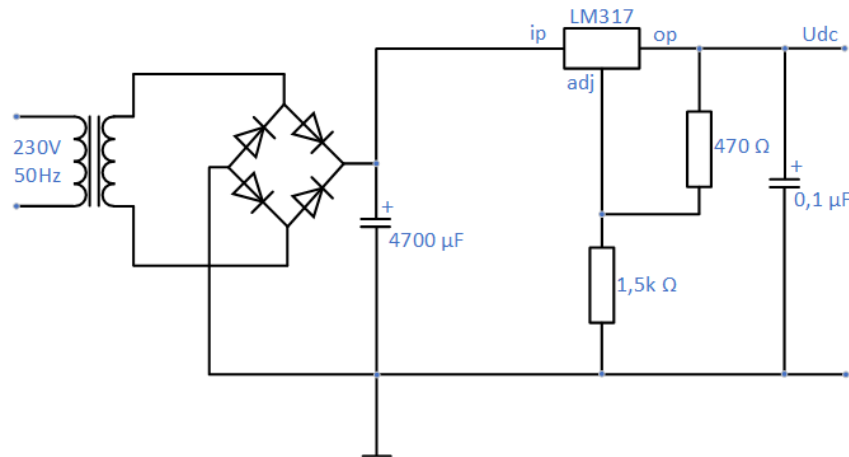
REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

Dæmi 6.8

- A. Notaðu stöðluð tákn til þess að teikna tengimynd fyrir spennujgafa sem gefur $\pm 12\text{ V}$ og minnst $0,5\text{ A}$.
Merktu alla íhluti inn á tengimyndina.
Rásin á að innihalda **alla** eftirfarandi íhluti:
- Spennubreyti $230\text{ V} - 2 \times 15\text{ V}$
 - Díóðubru KEP 10
 - Hleðslubétti 2 stk. $2200\mu\text{F } 25\text{ V}$
 - Spennustillirásir 7812 og 7912
 - Afkúplingsþétti 2 stk. $0,1\mu\text{F}$
- B. Reiknaðu út hve mörg W afltapið verður í 7812- og 7912-rásunum hvorri fyrir sig miðað við $0,5\text{ A}$ útgangsstraum.
- C. Er nauðsynlegt að setja spennustillirásirnar á kæliplötu? Leitaðu upplýsinga og rökstyddu svarið:
- D. Reiknaðu út hve mörg VA spennubreytirinn á að vera.
- E. Reiknaðu út hve mörg V_{pp} gáruspennan er á útgangi rásarinnar.
Ripple rej $= 70\text{ dB} \approx 3200$ sinnum fyrir báðar spennustillirásir.

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

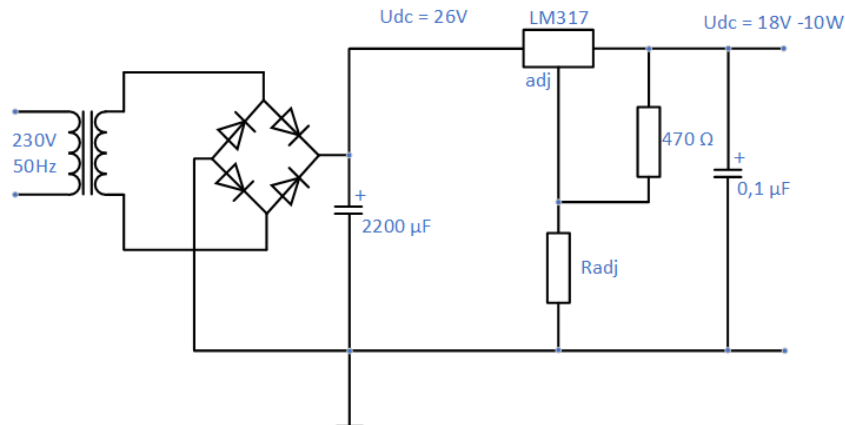
Dæmi 6.9



- Reiknaðu út hve mörg V útgangsspenna rásarinnar U_{dc} er.
- 3 V er lægsta leyfilega spennan á milli I_p og O_p fyrir flestar gerðir LM317. Reiknaðu út hver lægsta spenna spennubreytisins má vera ef gáruspennan er 0,4 Vpp.
- LM317 þolir án kælingar 2 W við 25° umhverfishita. Reiknaðu út mesta útgangsstraum rásarinnar þegar meðalspennan yfir 4700μF er 12 V.
- Venjuleg LM317 lokar þegar útgangsstraumurinn fer yfir 1,5 A. Reiknaðu út hve mörg W af hita spennustillirinn á að losa sig við ef spennan á I_p er 12 V.
- Rásin á tengimyndinni minnkar gáruspennuna um 66dB = 2000 sinnum. Reiknaðu út hve mörg Vpp gáruspennan á útgangi rásarinnar er.
 $U_{gpp4700\mu} = 0,4 \text{ Vpp}$.
- Með 10μF á milli adj og jarðar minnkar gáspennan um 80dB = 10000 sinnum. Teiknaðu þéttinn inn á tengimyndina og reiknaðu út hve mörg Vpp gáruspennan verður á útganginn eftir breytinguna.
- Framleiðendur upplýsa að input regulation sé 0,01%. Með því er átt við að útgangurinn breytist um 0,01% af því sem ingangsspennan breytist. Reiknaðu út hve mörg V útgangsspennan breytist ef inngangsspennan hækkar um 1,5 V.

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

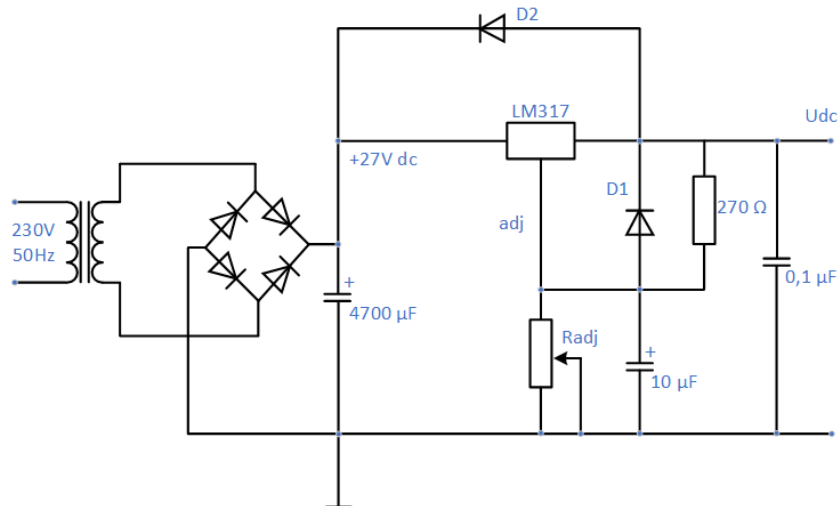
Dæmi 6.10



- Reiknaðu út hve mörg Ω Radj á að vera.
- Reiknaðu út afltapið í LM317. Er þörf á kælingu miðað við afltapið? Rökstyddu svarið.
- LM 317 þarf a.m.k. 2,5 mA útgangsstraum til þess að vinna eðlilega. Þessi skilyrði eru uppfyllt í rásinni hér að ofan – einnig ef álagið er aftengt. Hvar er þennan straum að finna?
- Í datablaði um LM 317 er dcreg 0,3%. Með því er átt við að útgangsspennan breytist um 0,3% ef útgangsstraumurinn breytist úr 10 mA í 1,5 A.
Reiknaðu út um hve mörg V útgangsspennan breytist með 1,5 A straumbreytingu í rásinni á myndinni.
- Gáruspennan yfir 2200μF-þéttinn er 2,5 Vpp þegar 10 W álagið er tengt. Gáruspennan á útgangi rásarinnar er 65 dB \approx 1800 sinnum minni en á innganginn. Reiknaðu út hve mörg Vpp gáruspennan er.
- Teiknaðu 10μF-þétti yfir Radj inn á tengimyndina. Reiknaðu síðan út ugpp á útgangi rásarinnar með þéttinn tengdan.

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

Dæmi 6.11



Tengimynd af spennugjöfunum í vinnuborðum iðnskóla.

- A. Ef spennan á adj-pinnann verður mikið meiri en 0,7 V hærri en spennan á útganginn eyðileggst LM317-rásin. Til þess að rásin þoli að útganginum verði skammhleyppt er díóðan D1 nauðsynleg. Útskýrðu hvernig D1 kemur í veg fyrir að spennan yfir adj-pinnan verði mikið hærri en spennan á útganginn.
- B. LM 317 eyðileggst ef spennan á útganginn verður meiri en á innganginn. Díóðan D2 kemur í veg fyrir þetta. Við hvaða aðstæður getur útgangsspennan skyndilega orðið meiri en á innganginn?
- C. Með kælingu þolir LM317 20 W að hámarki. Reiknaðu út hve mörg A er hægt að taka út úr spennugjafanum ef hann er stilltur á 5 V útgangsspennu.
- D. Reiknaðu út hve mörg A spennugjafinn ræður við ef útgangsspennan er stillt á 22 V.

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

Dæmi 6.12

Notaðu stöðluð tákn til þess að teikna tengimynd yfir $1,5\text{ A} \pm 15\text{ V}$ -spennugjafa með rásirnar LM317 og LM 337. LM337 er nánast eins og LM317 en er gerð fyrir mínus-straum og mínus-spennu. Merktu alla íhluti inn á tengimyndina. Rásin á að innihalda **alla** eftirfarandi íhluti. Gúglaðu ef þig vantar upplýsingar um:

Spennubreyti $230\text{ V} - 2 \times 18\text{ V}$

Díóðubru með $4 \times 1\text{N}5408$

Hleðsluþétti 2 stk. $4700\mu\text{F}$ sem þolir spennuna

2 stk. $22\mu\text{F}$ -þétti yfir Radj sem þolir spennuna

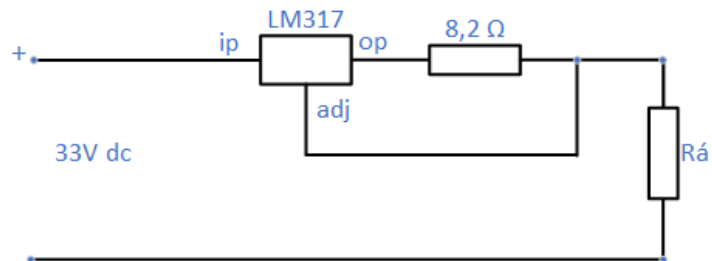
Spennustillirásir LM317 og LM337

2 stk. $0,1\mu\text{F}$ afkúplingsþétti á útgangi rásarinnar

Viðnám 2 stk. 270Ω og 2 stk. viðnám sem gefa út 15 V . Reiknaðu stærðina út.

REIT 6. kafli Jöfnun og reglun

Dæmi 6.13



- Reiknaðu út hve mörg A útgangsstraumur rásarinnar er.
- Reiknaðu út hve mörg V útgangsspennan er ef R_a er $150\ \Omega$.
- Reiknaðu út hve mörg Ω R_{adj} á að vera ef rásin er notuð sem hleðslutæki fyrir NiMH-hleðslubatterí, sem þarf að hlaða upp með 250 mA stöðugum straum.
- Reiknaðu út hve mörg Ω innra viðnámið í straumgjafanum er. $R_i = \Delta U / \Delta I$