

Mælitækni I:

Merkjagjafar

Kaflí 10

Jón Tómas Guðmundsson

tumi@hi.is

20. september 2007

1

Inngangur

- Merkjagjafar eru tæki sem gefa út bylgjuform eða merki, sem nota má til prófunar, stillinga eða mælinga á öðrum rásum og tækjum
- Merkjagjöfum má skipta í nokkra hópa:
 - Lágtíðni sínusgjafa
 - rf sínusgjafa
 - fallagjörvill (e. function generator)
 - púlsagjafa
 - sveiptíðnigjafa

2

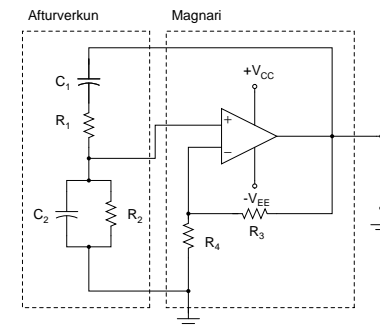
Lágtíðni-sínus-sveiflugjafi

- Lágtíðni-sínus-sveiflugjafi samanstendur gjarnan af sínussveiflugjafa og rás sem breytir sínusbylgju í kassabylgju
- Wein brúarsveiflugjafinn er sínussveiflugjafi sem er tiltölulega stöðugur í tíðni og útslagi
- Þeir vinna á tíðnibilinu 10 Hz – 100 kHz og spennusviðið liggur milli 0 – 10 V
- Wein brúin er ac brú þar sem jafnvægi næst aðeins við tiltekna tíðni. Tíðnin ákvarðast af stærðum viðnáma og þétta í rásinni
- Þegar Wein brú er notuð sem sveiflugjafi myndar hún afturverkunarrás milli útgangs og inngangs magnara

3

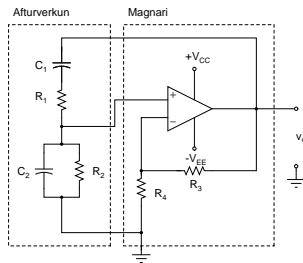
Wein sveiflugjafi

- Aðgerðamagnarinn, ásamt með viðnámunum R_3 og R_4 mynda magnara
- Bútarnir R_1 , R_2 , C_1 og C_2 mynda afturverkunarrás



4

Wein sveifflugjafi



- Greining á rásinni sýnir að jafnvægi er þegar

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}$$

og

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

5

Wein sveifflugjafi

- Ef $R_1 = R_2 = R$ og $C_1 = C_2 = C$ þá er

$$R_3 = 2R_4$$

og

$$f = \frac{1}{2\pi CR}$$

- Þegar brúin er í jafnvægi er inngangsspenna magnarans (spennan yfir R_2 og C_2) í fasa við útspennuna v_o
- Við allar aðrar tíðnir er brúin í ójafnvægi
- Spennumögnun magnarans er

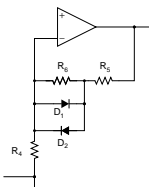
$$A_v = \frac{R_3 + R_4}{R_4}$$

svo ef $R_3 = 2R_4$ þá er $A_v = 3$.

6

Wein sveifflugjafi

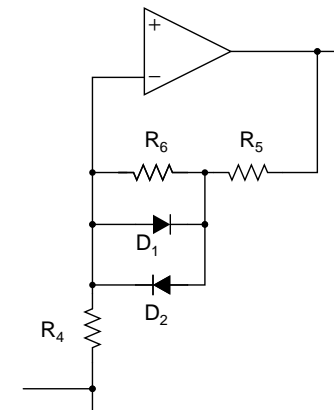
- Í raun þarf mögnun magnarans að vera stærri en 3 til að viðhalda sveiflum
- Útslag útmerkisins hefur tilhneygingu til að hækka þar til fæðispennugildi spennugjafans $+V_{CC}$ og $-V_{EE}$ er náð. Þessi spennugildi geta innleitt bjögun í merkið.
- Rásin hér að neðan er dæmi um aðferð sem er notuð til að tryggja stöðugt útslag frá Wein sveifflugjafa



7

Wein sveifflugjafi

- Til að forðast þetta vandamál er viðnáminu R_3 gjarnan skipt upp í tvo búta, viðnámin R_6 og R_5 og tvista D_1 og D_2 , sem eru tengdir samsíða R_6



8

Wein sveifflugjafi

- Þegar útslag útgangs er lítið, er spennufallið yfir R_6 ekki nægjanlegt til að framspenna tvistana. Þá er mögnunin

$$A_v = \frac{R_4 + R_5 + R_6}{R_4}$$

- Þegar útslagið er nægjanlegt til að framspenna tvistana er skammhlaup yfir R_6 og mögnunin

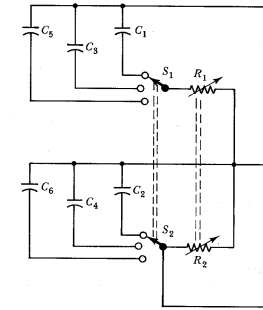
$$A_v = \frac{R_4 + R_5}{R_4}$$

- Viðnámín eru valin þannig að $(R_4 + R_5)/R_4 < 3$
- Þetta þýðir að sveiflum með lítið útslag er viðhaldið en þær sem hafa hærra útslag deyja út

⇒ Dæmi 10.1.

9

Wein sveifflugjafi



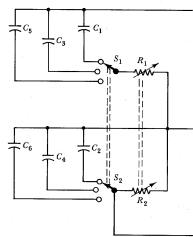
- Við sjáum að samkvæmt

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

má breyta tíðninni með því að breyta stærðunum C og/eða R

10

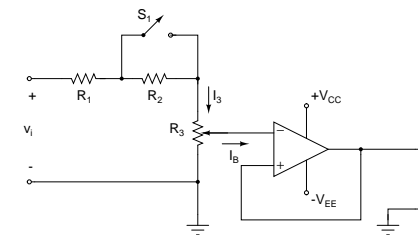
Wein sveifflugjafi



- Það verður að stilla R_1 og R_2 samtímis til að breyta R og C_1 og C_2 til að breyta C
- Þetta er gjarnan gert með því að breyta C_1 og C_2 milli nokkurra staðlaðra þétta. Þéttarnir svara þá til tíðnisviðs
- Viðnámínu er síðan breytt með samfelldum stilliviðnámum og gefa því samfellda breytingu í tíðni

11

Wein sveifflugjafi



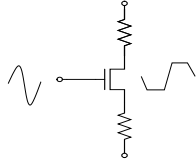
- Útslagi frá sveifflugjafanum má breyta með einföldum spennudeili og deyfilið
- Spennusviðinu er breytt með því að skammhleypa viðnámínu R_2 með rofanum S_1
- Aðgerðamagnarinn tryggir lágt útgangsviðnám

⇒ Dæmi 10.2.

12

Wein sveifflugjafi

- Framkalla má kassabylgju með því að klippa sínuslaga bylgjuform
- Einfaldasta rásin til slíkrar klippingar er sýnd hér að neðan

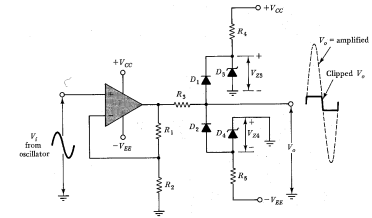


- Notaður er magnari sem er drifinn með lágrri spennu og því aðvelt að metta
- Sínusbylgjan sem lögð er á gáttina hefur hátt útslag þannig að útmerkið er klippt
- Ristími kassabylgjunnar er tiltölulega langur með þessari aðferð

13

Wein sveifflugjafi

- Betri er aðferðin hér að neðan



- Tvistarnir D_1 og D_2 ásamt zener tvistunum D_3 og D_4 og tilheyrandi viðnámum mynda klippirásina
- Þegar útgangur magnarans er jákvæður er D_1 framspennt og kemur í veg fyrir að útgangsspennan verði hærri en $V_{z3} + V_{D1}$
- Á sama hátt ef útgangur er neikvæður er D_2 framspennt og útgangur fer ekki neðar en $-(V_{z4} + V_{D2})$

14

Wein sveifflugjafi

- Mögnun er fengin með magnarnum og bylgjan er klippt við $+(V_{z3} + V_{D1})$ og $-(V_{z4} + V_{D2})$
- Kassabylgja myndast með

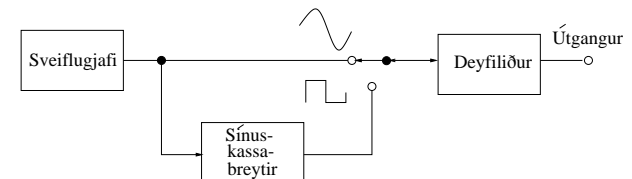
$$v_0 = \pm(V_z + V_D)$$

- Ef $V_{z3} = V_{z4} = 6.3 \text{ V}$ og D_1 og D_2 eru kísildíóður með spennufall í framstefnu 0.7 V þá er klippt við $\pm 7 \text{ V}$

15

Lágtíðni-sínus-sveifflugjafi

- Lágtíðni-sínus-sveifflugjafi samanstendur gjarnan af sínussveifflugjafa og rás sem breytir sínusbylgju í kassabylgju
- Þá fylgir gjarnan deyfiliður



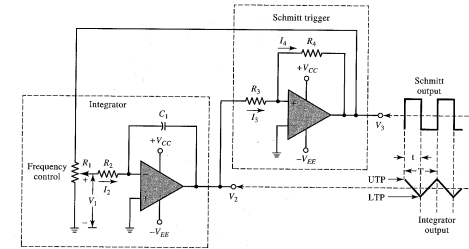
16

Fallagjörvill

- Fallagjörvill framleiðir:
 - Síkusbylgju
 - Kassabylgju
 - Þríhyrningsbylgju
- Tíðni, útlslag og dc hliðrun útmerkis má stilla
- Sömu aðferð og áður má beita til að framkalla síkus- og kassabylgjur
- Til að framkalla þríhyrningsbylgju er síðan notuð tegurrás og Schmitt gikkur

17

Fallagjörvill



- Þegar innspenna Schmitt gikkisins hækkar í efri gikk spennu (UTP) hækkar útgangur frá lægsta neikvæða gildi í hæsta jákvæða gildi
- Á sama hátt þegar inngangurinn lækkar í lægri gikkspennu (LTP) þá fellur útspeunna í lægsta neikvæða gildi

18

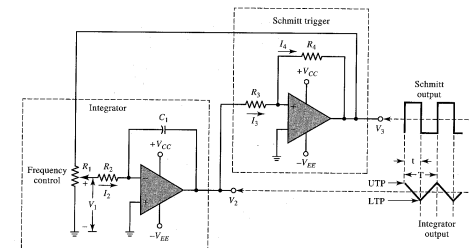
Fallagjörvill

- Rifjum upp að mögnun aðgerðamagnarans er aðeins 200000
- Lítinn spennunum þarf á inngöngum aðgerðamagnarans til að koma magnaranum í metnun, hvort heldur sem er, neikvæða eða jákvæða spennu
- Ef V_{CC} og V_{EE} eru ± 15 V þá er útgangsspenna magnarans ± 14 V
- Minnsti spennunum milli jákvæðs og neikvæðs inngangs aðgerðamagnara til að framkalla metnun í útmerki er

$$V_i = \frac{14 \text{ V}}{200000} = 70 \mu\text{V}$$

19

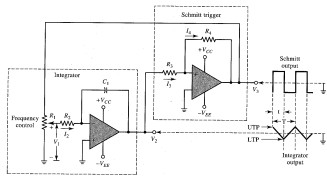
Fallagjörvill



- Þegar C_1 er óhlaðinn virkar tegurrásin eins spennueltir (e. voltage follower). Þá eru allar tengingar aðgerðamagnarans við jörð
- Gerum nú ráð fyrir jákvæðri spennu ($+V_1$), sem lögð er á R_2 . Vinstri hlið R_2 er við $+V_1$ en hægri hlið er við jörð

20

Fallagjörvill



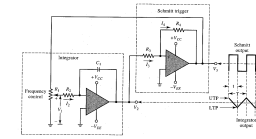
- Spennan V_1 fellur öll yfir R_2 og fastur straumur I_2 fer um R_2 ,

$$I_2 = \frac{V_1}{R_2}$$

- Nær allur straumurinn fer um C_1 , sem hleðst upp, + vinstra megin og - hægra megin
- Þegar C_1 hleðst upp hækkar spennan yfir hann línulega, og þar sem vinstri hlið hans er upphaflega við jörð, fellur útspena aðgerðamagnarans línulega frá jörð

21

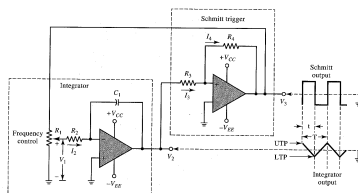
Fallagjörvill



- Þegar pólun V_1 er snúið, snýr straumurinn I_2 í gagnstæða stefnu og C_1 hleðst upp með gagnstæðri pólun. Útspena tegurrásarinnar, V_2 , fer þá hækkandi.
- Við sjáum að inngangsspenna tegurrásarinnar er fengin frá útgangi Schmitt gikksins
- Útspena tegurrásarinnar er síðan fædd inn á inngang Schmitt gikksins

22

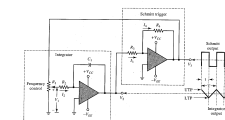
Fallagjörvill



- V_1 er jákvæð þegar útspena Schmitt gikksins (V_3) er jákvæð og þá hleður straumurinn I_2 upp þéttinn C_1 þannig að útspenan frá tegurrásinn lækkar frá jörð
- Þegar V_2 nær lægri gikkspennu (LTP) Schmitt gikksins skiptir hann snögg í neikvæða mettun
- Ferlið er síendurtekið og tegurrásin skilar út þríhyrningsbylgju og Schmitt gikkurinn kassabylgju

23

Fallagjörvill



- Tíðni bylgjuformsins ákvarðast af tímanum sem það tekur C_1 að hlaðast upp frá lægri gikkspennu (LTP) upp í hærri gikkspennu (UTP)
- Um þétti sem hleðst línulega gildir

$$C = \frac{It}{\Delta V}$$

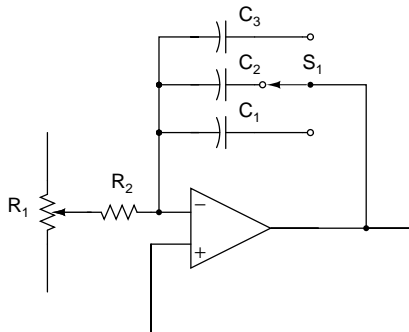
eða

$$t = \frac{C\Delta V}{I}$$

þar sem $\Delta V = UTP - LTP$

24

Fallagjörvill

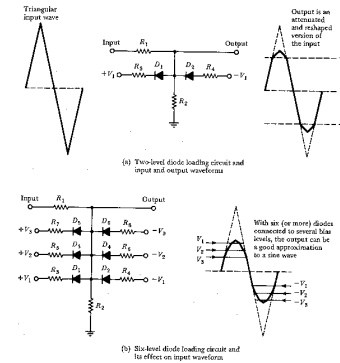


- Tíðni útmerkis sveifflugjafans er stýrt samfelld með stilliviðnáminu R_1 , og tíðnisviðið er ákvarðað með því að stilla á milli þetta

25

Fallagjörvill

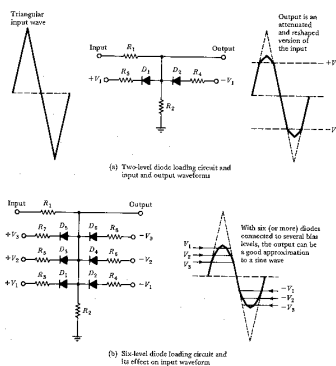
- Þríhyrningsbylgju má breyta í nálgun á sínusbylgju með tvístum og viðnánum



- Við lága spennu ræðst útspennan af spennudeilingu á milli R_1 og R_2

26

Fallagjörvill

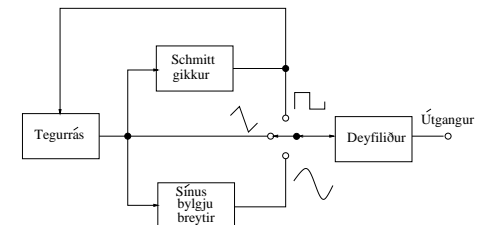


- Við hærri spennu framspennast tvístarnir D_1 og D_2 og R_3 eða R_4 tengjast samsíða R_2 og veldur frekari deyfingu
- Með fleiri tvístum, og viðnánum má nálgast sínusbylgju betur

27

Fallagjörvill

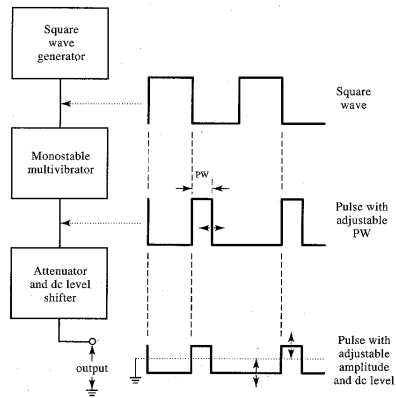
- Fallagjörvlar vinna gjarnan á tíðnisviðinu frá 0.2 Hz upp í 2 MHz og útspena liggur á bilinu 0 – 20 V og er útgangsviðnámið oft 50 Ω
- Með rofa er valið á milli sínus-, kassa- eða þríhyrningsbylgju



- Tegurrásin tekur inn kassabylgjuna frá Schmitt gíkknum
- Útgangur tegurrásarinnar fæðir Schmitt gíkkinn og sínusbylgjugjafann

28

Púlsagjafi

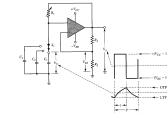


- Púlsagjafi samanstendur af kassabylgju gjörvla, einstöðugum titrara (e. monostable multivibrator) og deyfilið við útgang

29

Púlsagjafi

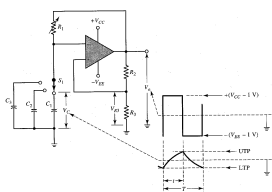
- Einstöðugi titrarinn er settur af stað með fallandi skör kassabylgju. Með honum er framkölluð föst púlsabreidd sem fædd er á deyfiliðinn
- Púlsatíðnin ræðst af tíðni kassabylgjunnar og breidd púlsa er ákvörðuð með stillingu á einstöðuga titrarannum. Útslag (hæð) púlans er ákvörðuð með deyfiliðnum



- Kassabylgjuna má framkalla í rás sem nefnd er óstöðugur titrari (e. astable multivibrator)
- Hún hefur ekkert stöðugt ástand, og sveiflast á milli þess að gefa hátt og lágt útmerki

30

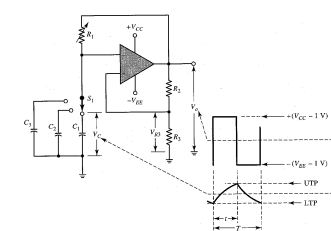
Púlsagjafi



- Þéttirinn C_1 er hlaðinn upp af aðgerðamagnaranum um viðnámið R_1
- Aðgerðamagnarinn ásamt viðnámunum R_2 og R_3 mynda umpólandi Schmitt gikk
- Þegar spennan yfir þéttinn nær efri gikkspennu verður útgangur Schmitt gikksins lágur og hleðslustráumurinn inn á C_1 skiptir um stefnu og þéttirinn afhleðst og hleðst síðan aftur með neikvæðri pólun

31

Púlsagjafi



- Þegar spennan yfir C_1 nær lægri gikkspennunni verður útgangur Schmitt gikksins háur og ferlið byrjar á ný
- Tíðni kassabylgjunnar ræðst af tímanum sem það tekur þéttinn að hlaðast upp frá lægri gikkspennu (LTP) upp í hærri gikkspennu (UTP)

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2t}$$

32

Púlsagjafi

- Tímann má stilla með viðnáminu R_1 sem þá er samfelldur tíðnistillir
- Tíðnisviðið er stillt með vali á milli þetta með rofanum S_1
- Tímann t má reikna með

$$v_C(t) = V - (V - V_0) \exp\left(\frac{-t}{RC}\right)$$

sem má umrita í

$$t = RC \ln\left(\frac{V - LTP}{V - UTP}\right)$$

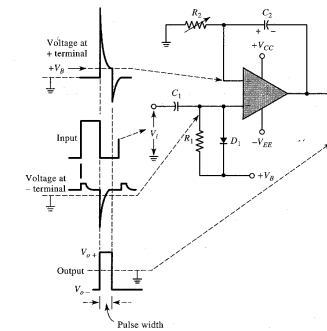
og efri og lægri gíkkspennurnar eru

$$|UTP| = |LTP| = V_0 \frac{R_3}{R_2 + R_3}$$

⇒ Dæmi 10.3.

33

Púlsagafi



- Einstöðugur titrari hefur einungis eitt stöðugt ástand
- Þegar ræsimerki er gefið, skiptir útgangurinn um stöðu, er í henni yfir fast tiltekið tímabil, en leitar svo aftur í upphaflegt ástand

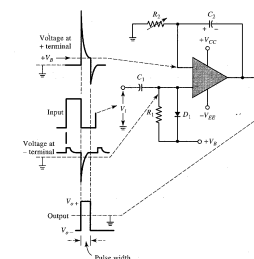
34

Púlsagafi

- Með þessu má framkalla púls með fasta breidd í sérhvert skipti sem einstöðugi titrarinn er ræstur
- Þegar $+V_B$ (venjulega 1 V) er lagt á neikvæðan inngang aðgerðamagnarans er útgangurinn lágur (við V_{0-})
- Þéttirinn C_2 er hlaðinn (+ í vinstri hlið og - á hægri hlið) þ.a. $V_{C2} = V_{0-}$
- Þegar kassabylgja er fædd inn í rásina hleðst C_1 hratt upp um R_1 við rísandi og fallandi skör
- Hleðslustraumarnir um R_1 framkalla brodda við neikvæðan inngang aðgerðamagnara

35

Púlsagafi



- Jákvæðir broddar myndast á rísandi skör og neikvæðir á fallandi skör
- C_1 og R_1 mynda einskonar diffurrás og tvisturinn D_1 klippir af jákvæða brodda
- Neikvæðu broddarnir draga inngang aðgerðamagnarans niður og hann skiptir snögg í jákvæða metnun $V_{0+} \approx V_{CC} - 1$ V

36

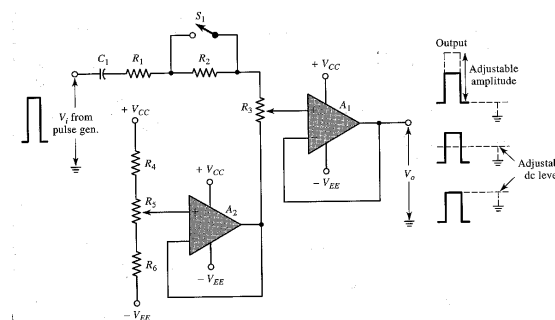
Púlsagafi

- Hledslan á þéttinum viðheldur hárrí jákvæðri spennu, þó svo að ræsimerkið sé ekki fyrir hendi lengur
- Þéttirinn C_2 afhledst um R_2 og hledst á ný með öfugu formerki
- Þegar spennan fellur niður fyrir V_B skiptir aðgerðamagnarinn aftur í V_{0-}
- Tíminn sem þetta tekur ákvarðar púlsbreiddina sem þá ræðst af C_2 og R_2

$$PW = RC \ln \left[\frac{V_{0+} - V_{0-}}{V_B} \right]$$

37

Púlsagjafi

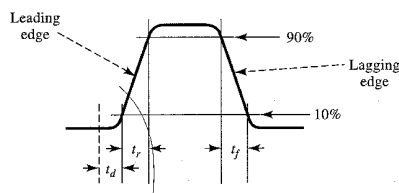


- Viðnámin R_1 , R_2 og R_3 ásamt aðgerðamagnaranum A_1 mynda deyfilið fyrir útgangsmarkerkið
- Aðgerðamagnarinn A_2 og viðnámin R_4 , R_5 og R_6 gefa stillanlega dc hliðrun á útmerkið

38

Púlsagjafi

- Útgangstíðninni má breyta frá 0.0001 Hz – 20 MHz
- Breidd púlsa er oftast stillanleg frá 25 ns upp í 1 ms
- Útgangspúlshafa rísandi og fallandi skör með endanlegum rís- og falltímum



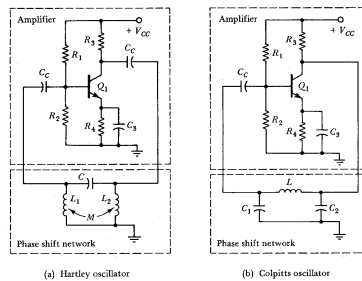
39

rf sveiflugjafar

- rf sveiflugjafar gefa sínuslaga bylgju á tíðnisviðinu 100 kHz – 40 GHz
- Hann samanstendur af
 - rf sveiflugjafa
 - aflagjafa
 - kvörðuðum deyfilið
- Sveiflurásin í rf aflagjafa er gjarnan Hartley eða Colpitts sveiflugjafi
- Báðar rásirnar samanstanda af magnara og afturverkun

40

rf sveifflugjafar



- Jafnframt því að magna innmerkið þá umhverfir magnarinn merkinu, eða hliðrar því í fasa um 180°
- Magnaða merkið er síðan deyft og hliðrað í fasa um aðrar 180° með afturverkunarrásinni
- Þá fer það aftur inn á inngang magnarans

41

rf sveifflugjafar

- Sveiflurásin hefur mögnunina 1 og fasahliðrun 360°
- Munurinn á rásunum tveimur liggur í því hvernig fasahliðrunin er framkvæmd
- Hartley rásin notar tvær spólur, L_1 og L_2 og einn þétta C
- Colpitts rásin notar tvo þétta, C_1 og C_2 og eina spólu L
- Sveiflutíðnin fyrir báðar rásirnar er

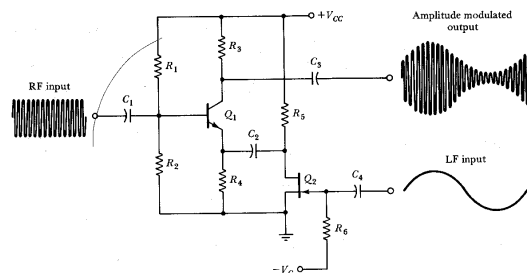
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_T L_T}}$$

þar sem fyrir Hartley rás $C_T = C$ og L_T er heildar span L_1 og L_2 ásamt gagnspani og fyrir Colpitts rás er $L_T = L$ og C_T er heildar rýmdin af raðtengingunni C_1 og C_2 .

42

Styrkmótun rf bylgju

- Flestir rf sveifflugjafar gefa möguleika á því að **styrkmóta** (e. amplitude modulation) og **tíðnimóta** (e. frequency modulation) útmerkið
- Styrkmótun má framkvæma á mögnunarstiginu



43

Styrkmótun rf bylgju

- Án smárans Q_2 væri mögnun magnarans $A_v = R_3/R_4$. Með smáranum Q_2 verður mögnun rásarinnar

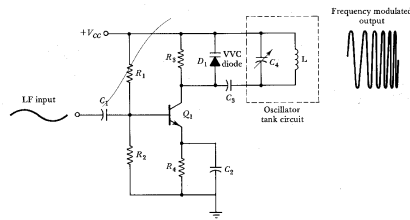
$$A_v = \frac{R_3}{R_4 \parallel R_D}$$

þar sem R_D er svelgviðnám smárans Q_2

- Lágtíðni merki er fætt inn á gátt smárans. Það breytir svelgviðnámínu R_D og þar af leiðandi mögnun magnarans
- Á þennan hátt er útslag rf merkisins aukið og minnkað í fasa við lágtíðnimerkið

44

Tíðnimótun rf bylgju



- Tíðnimótun er framkvæmd í sveiflurás rf sveifflugjafans
- Tvistur með breytanlegri rýmd C_D er tengdur samsíða rýmd sveiflurásarinnar C_4
- Lágtíðnimerki stýrir rýmdinni á C_D með því að stýra bakspennunni sem lögð er á tvistinn
- Við það tíðnimótast merkið

45

Frekara lesefni

Um sveifflugjafa er fjallað hjá Bell (1994, kafli 11), Carr (1996, kafli 9) og Wolf and Smith (2003, kafli 13).

References

- Bell, D. A. (1994). *Electronic Instrumentation and Measurements*. Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Carr, J. J. (1996). *Elements of Electronic Instrumentation and Measurement* (3 ed.). Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Wolf, S. and R. F. M. Smith (2003). *Student Reference Manual for Electronic Instrumentation Laboratories* (2 ed.). Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice Hall.

46