

Mælitækni I:

Hliðrænar sveiflusjár

Kaffi 8

Jón Tómas Guðmundsson

tumi@hi.is

13. september 2007

1

Inngangur

- Sveiflusjárn er grundvallarverkfæri til þess að skoða bylgjuform
- Oftast er spenna sýnd sem fall af tíma á skjá sveiflusjárinnar
- Með sveiflusjá má mæla stærðir eins og t.d.:

 - Útslag spennu
 - Tíðni merkis
 - Fasamun
 - Púlsalengd
 - Töf
 - Ristíma
 - Falltíma

2

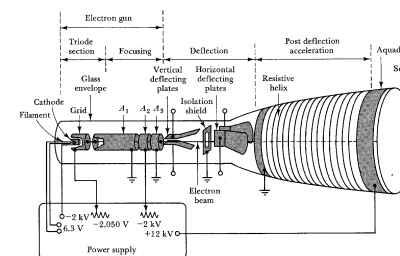
Inngangur

- Sveiflusjá samanstendur af **bakskautslampa (myndlampa)** (e. cathode-ray tube (CRT)) ásamt stýri- og inngangsrásum
- Í bakskautslampanum eru rafeindir framkallaðar með því að hita bakskautið, þær eru formaðar í mjóan geisla og þeim hraðað að flúrljómandi myndfleti, skjá
- Skjárninn ljómar í punktinum þar sem rafeindirnar lenda
- Auðvelt er að beygja geislann bæði lóðrétt og lárétt með spennu sem lögð er á stýriskaut
- Oftast er sveiflu geislans lárétt um skjáinn stjórnað með spennurampa sem framkallaður er með tímarás og bylgjuformið sem til athugunar er stýrir lóðréttu hreyfingunni

3

Bakskautslampi

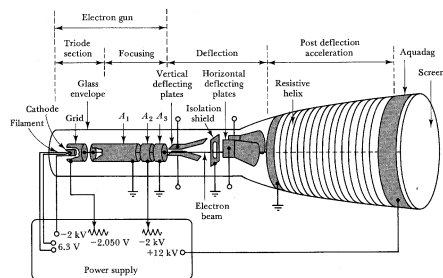
- Myndin sýnir uppbyggingu bakskautslampa
- Skautin sitja inn í lofttæmdri glerflösku með skjá á öðrum endanum



- **Glóðarþráðurinn** (e. filament) hitar bakskautið (e. cathode) sem geislar frá sér rafeindum

4

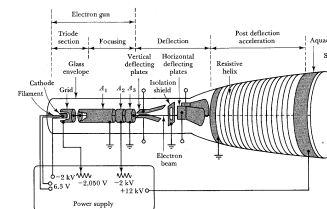
Bakskautslampi



- Grindarspennan stjórnar flæði rafeinda til forskautanna A_1 , A_2 og A_3 , sem beina geislanum í lítinn punkt á skjánum
- Spenna sem lögð er á lóðréttu og láréttu stýriskautin færir rafeindageislan um skjáinn

5

Bakskautslampi-Pristhluti



- Pristhluti (e. triode section) bakskautslampa samanstendur af bakskautinu, grind og forskautinu
- Grindin er bolli úr nikkel, sem á er gat, og umlykur hann bakskautið nær algerlega
- Bakskautið, sem einnig er smíðað úr nikkel, er sívalningslaga með oxíðhúðudum fleti sem snýr beint að gatinu í bollanum
- Glóðarþráður situr inni í bakskautinu og hitar það

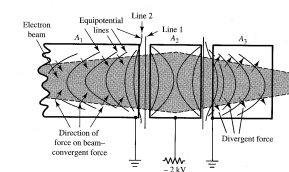
6

Bakskautslampi-Pristhluti

- Bakskautinu er gjarnan haldið við - 2 kV og grindarspennan er stillanleg frá - 2050 V til - 2000 V
- Mættismunurinn á milli grindar og bakskauts stýrir rafeindafæðinu frá bakskautinu og þar með fjölda þeirra rafeinda sem beint er að skjánum
- Birtustig á skjánum ræðst af fjölda rafeinda. Því stýrir grindarspennan birtustigi merkis á skjánum
- Fyrsta forskautið A_1 er sívalningslaga, opið í annan endann en lokað í hinn, gat er í miðju lokaða endans.
- A_1 er tengt í jörð og er því jákvætt með tilliti til bakskautsins
- Rafeindum er hraðað frá bakskautinu um gatið í grindinni og forskautinu að þeim hluta er stillir brennividd geisla

7

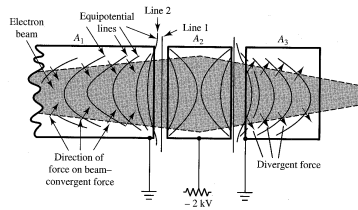
Bakskautslampi- Brennividd



- Skautin A_1 , A_2 og A_3 eru í raun rafeindalinsur
- Þær gegna því hlutverki að beina rafeindunum í brennipunkt á skjá myndlampan
- A_1 gefur hröðunarspennuna, sem dregur rafeindirnar frá bakskautinu og gatið í A_1 takmarkar þversnið geisla
- A_1 og A_3 eru jarðtengd en A_2 er við stillanlega spennu um - 2 kV
- Mættismunurinn milli forskautanna skapar jafnmættislínur

8

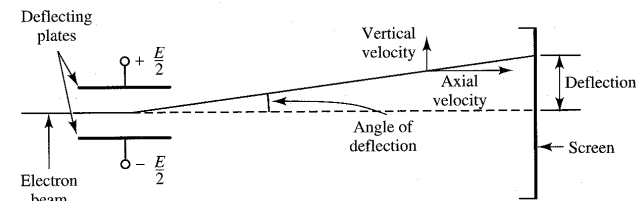
Bakskautslampi- Brennividd



- Rafeindirnar koma inn í A_1 sem sundurleitinn geisli
- Þegar þær fara um jafnmættislínurnar verkar á þær kraftur sem þvingar þær til að koma að jafnmættislínunum undir réttu horni
- A_1 veldur sundurleitni geislans og A_3 samleitni
- Samleitni- og sundurleitni má stýra með spennunni á A_2 þar sem A_2 er skerpi hringur

9

Bakskautslampi-Stýriskaut



- Þegar rafeindirnar ferðast frá rafeindabyssunni að skjánum dragast þær að jákvæðu skauti en ferðast hið neikvæða
- Rafeindum er hraðað í átt að jákvæðu plötunni
- Rafeindirnar eru því sveigðar á leið sinni milli platnanna

10

Bakskautslampi-Stýriskaut

- Rafeindirnar hafa hraða v_{bakskaut} þegar þær yfirgefa bakskautið og fá lokahraðann v_{forskauf}

$$v_{\text{forskauf}} = \sqrt{\frac{2eV_1}{m_e}}$$

þar sem spennunumur mill forskauts og bakskauts er V_1

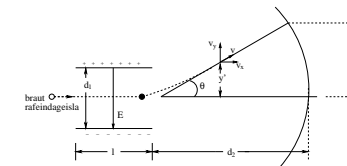
- Þetta er hraðinn sem er á rafeindunum þegar þær koma að stýriskautunum
- Rafsviðsstyrkurinn er

$$E = \frac{V_2}{d_1}$$

þar sem V_2 er spennunumur á milli platnanna

11

Bakskautslampi-Stýriskaut



- Fastur kraftur, eV , verkar á rafeindirnar og hröðun þeirra upp á við er

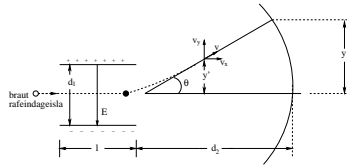
$$a_y = \frac{eE}{m_e}$$

- Þar eð láréttur hraði er fastur er tíminn sem það tekur rafeind að ferðast alla lengd plötunnar l

$$t = \frac{l}{v_x}$$

12

Bakskautslampi-Stýriskaut



- Hraðinn upp á við eftir þennan tíma er þá

$$v_y = a_y t$$

og tilsvareandi færsla

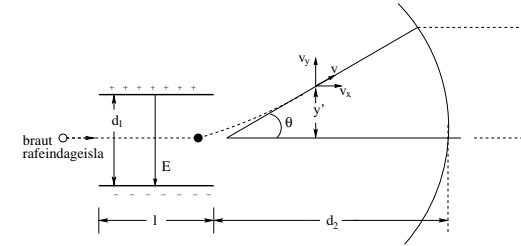
$$y = \frac{1}{2} a_y t^2 = \frac{eEl^2}{2m_e v_x^2}$$

- Beygjan verður því

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$$

13

Bakskautslampi-Stýriskaut



- Geislinn berst því næst að skjá undir beinni línu
- Staðsetning geisla á skánum er þá

$$\tan \theta = \frac{y}{d_2 + (d_1/2)}$$

en þar sem $d_1 \ll d_2$, þá er

$$\tan \theta = \frac{y}{d_2}$$

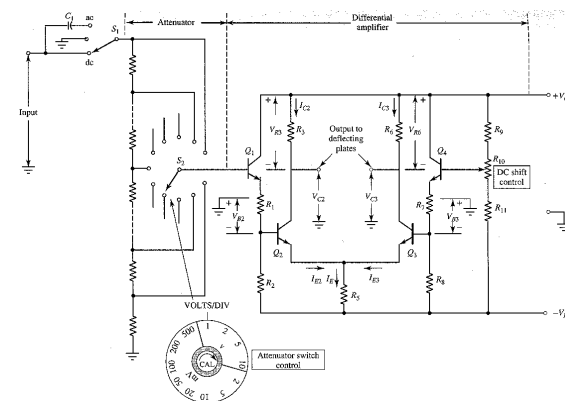
14

Bakskautslampi-Stýriskaut

- Næmni myndlampans til að sýna spennu er lýst á tvo vegu
 - Með þeirri spennu sem þarf til að fá fram sveigju sem nemur einni rúðu á skjánum (V/cm), **sveigjustuðul sveiflusjár**
 - Með þeirri sveigju sem 1 V (cm/V) veldur og er nefnd **sveigjunæmni**
- Spennunni sem sveigir rafeindageislan verður að breyta í jafnar andstæðar spennur $E/2$ og $-E/2$
- Þetta krefst rásar sem tekur inn (ac eða dc) spennu en gefur út mismunaspennu

15

Bakskautslampi-Stýriskaut



- Grunnrás yfir stýriskaut sveiflusjár
- Smárarnir Q_1 og Q_4 skapa hátt innviðnám en Q_2 og Q_3 eru magnarar

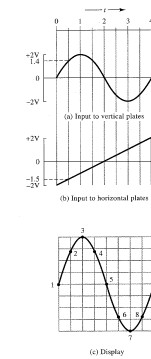
16

Bakskautslampi-skjár

- Skjár bakskautslampa er myndaður með því að húða innra byrði glersins með fosfórskínandi efni
- Þegar rafeindirnar lenda á skjánum, örva þær rafeindir efnisins upp í hærrí orkustig. Þær senda síðan frá sér ljós er þær leita aftur í upphaflegt ástand
- Ljómínn getur staðið frá nokkrum þúsundustu þörtum úr sekúndu upp í nokkrar sekúndu og ræðst það af efninu sem notað er
- Liturinn á skjánum getur verið blár, rauður, grænn eða hvítur
- Rafeindirnar fá aukna hröðun eftir að þær yfirgefa stýriskautin

17

Birting bylgjuforma

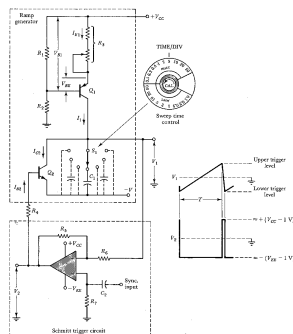


- **Sagartönn** (eða síendurtekinn rampi) er lögð á láréttu stýriskautin, sem færir geisla rafeindanna lárétt yfir skjáinn
- Annað bylgjuform, sem er samstillt í tíma við rampann, er lagt á lóðréttu skautin og birtist á skjánum

18

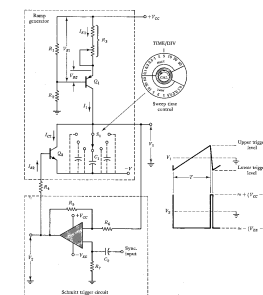
Tímagrunnur sveiflusjár

- Grunnrásin sem stýrir sveiflu geislans yfir skjá sveiflusjárinnar samanstendur af
 - Rampalind
 - Schmitt gíkk



19

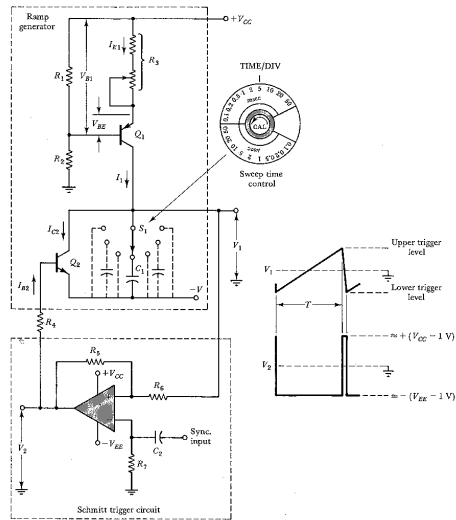
Tímagrunnur sveiflusjár



- Inngangsspennan á Schmitt gíkkinn V_1 er útgangsspenna rampalindarinnar yfir viðnámið R_6
- Magnarinn hefur litla spennumögnun (≈ 200000)
- Lítil munur í spennu milli + og - inngangs magnarans veldur mettun magnarans

20

Tímagrunnur sveiflusjár



21

Tímagrunnur sveiflusjár

- Sú neikvæða inngangsspenna sem er nægjanleg til að setja útgangspennu magnarans í neikvæða metnun er nefnd **lægri gikkspenna** (e. lower trigger voltage) og er jöfn að stærð **efri gikkspennu** (e. upper trigger voltage)

$$LTV, UTV = \pm(V_{CC} - 1) \frac{R_5}{R_6}$$

- Þegar útgangur Schmitt gikksins er jákvæður, fer straumurinn I_{B2} inn á beini Q_2 (npn) um R_4 . Við það mettast Q_2 og skammhleypir þéttinum C_1

22

Tímagrunnur sveiflusjár

- Þegar gikkrásin gefur neikvætt útmerki er slökkt á Q_2 og straumurinn I_1 fer inn á þéttinn C_1 og hleður hann upp línulega, sem gefur rampa útspennu

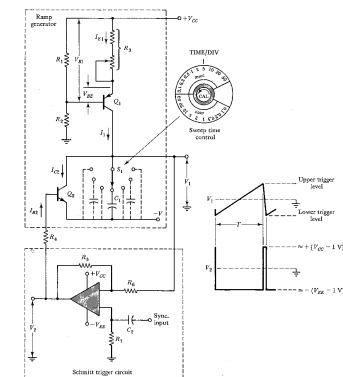
$$\Delta V_1 = \frac{I_1 T}{C_1}$$

þar sem ΔV_1 er breyting í spennu yfir tímann T

- Spennan yfir þéttinn hækkar línulega þar til hún nær efri gikkspennu Schmitt gikksins. Þá verður útgangur Schmitt gikksins jákvæður og afhleður þéttinn C_1
- Valið er um stærð þéttisins C_1 með TIME/DIV takka sveiflusjárinnar

23

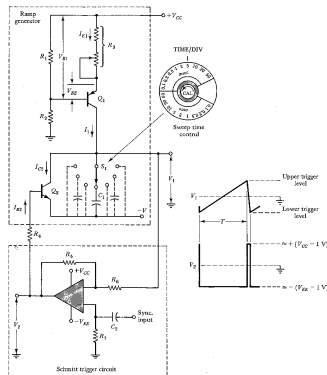
Tímagrunnur sveiflusjár



- Grunnrásin sem stýrir sveiflu geislans í sveiflusjár
- Smárin Q_1 sér fyrir stöðugum hleðslustraum inn á þéttinn C_1 , og þar með er framkallaður rampi

24

Tímagrunnur sveiflusjár

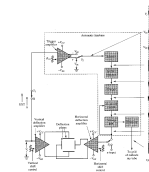


- Schmitt gikkurinn kveikir á Q_2 sem afhleður þéttinn C_1 , þegar rampspennan nær efstu stöðu og slekkur á Q_2 aftur þegar C_1 er afhlaðinn í æskilegt lægra spennugildi

25

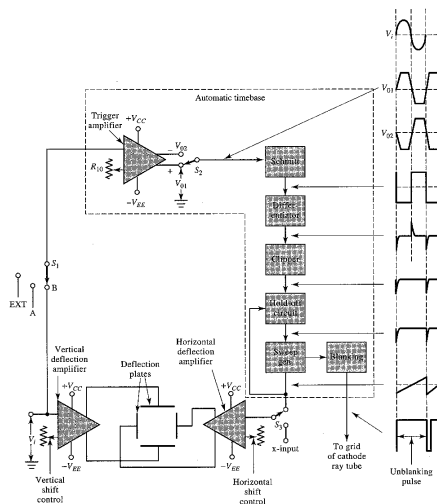
Sjáfvirkur tímagrunnur

- Mikilvægt er að bylgjuformið, sem sýna skal á skjá sveiflusjárinnar, og rampspennan, sem gefur lárétta færsluna, séu samtíma
- Samtími merkjanna er fengin með því að setja samtímamerki inn á neikvæðan inngang Schmitt gikksins
- Einnig má hafa sjálfvirkan tímagrunn



26

Sjáfvirkur tímagrunnur



27

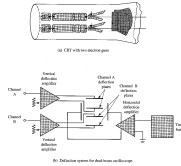
Sjáfvirkur tímagrunnur

- Innmerkið V_1 er magnað og lagt á stýriskaut fyrir lóðrétta færslu
- Innmerkinu V_2 er jafnframt beint að Schmitt gikkrás og þar er mynduð úr því kassabylgja
- Kassabylgjan er diffrúð og klippt, til að framkalla neikvæða spennubrodda (e. spikes) við nákvæmlega upphaf lotu innmerkisins
- Spennubroddarnir eru notaðir til að samstillja innmerkið og merkið sem stýrir geislanum lárétt yfir skjáinn

28

Tveggja rása sveiflusjár

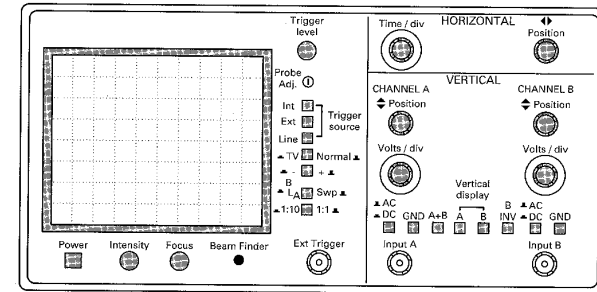
- Flestar sveiflusjár geta birt tvö eða fleiri bylgjuform samtímis



- Til að sýna tvö bylgjuform samtímis þarf tvær rafeindabyssur þó er einnig mögulegt að nota eina rafeindabyssu og skipta geislanum upp áður en hann kemur að stýriskautunum
- Það þarf tvöfalt kerfi af lóðréttum stýriskautum og eitt sett af láréttum stýriskautum
- Sagartönnin frá tímagrunninum er lögð á láréttu stýriskautin og báðir geislarnir skrifa á skjáinn samtímis

29

Sveiflusjá

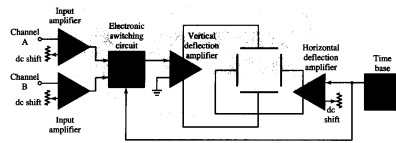


Framhlið hliðrænnar, tveggja rása, sveiflusjár

30

Tveggja rása sveiflusjá

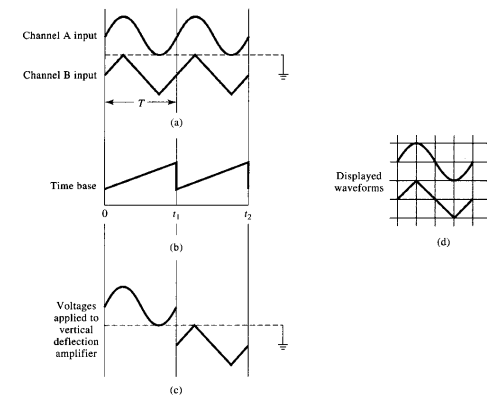
- Ein gerð af tvöfaldri sveiflusjá, sem hefur bara eitt sett af lóðréttum stýriskautum er sýnd á mynd



- Tveir inngangsmagnarar taka við innmerkjum frá inngöngunum A og B
- Innmerkið er síðan fætt um magnara inn á stýriskautin
- Inngang þessa magnara er stýrt til að inn á magnarann komi til skiptis bylgjuformin tvö

31

Tveggja rása sveiflusjá



- Myndin sýnir hvernig annað bylgjuformið er sýnt fyrst og síðan hitt

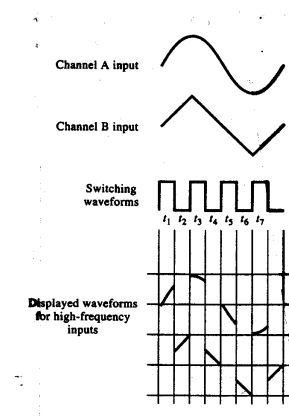
32

Tveggja rása sveiflusjá

- Skiptitíðninni er stjórnað af tímagrunni sveiflusjárinnar
- Bæði bylgjuformin virðast birtast samtímis á skjánum, nema ef tíðni merkjanna er mjög lág
- Þessi aðferð til að birta bylgjuform er nefnd **skiptiháttur** (e. alternate mode)

33

Tveggja rása sveiflusjá



- Myndin sýnir hvernig sveiflusjain vinnur í **saxhætti** (e. chop mode).

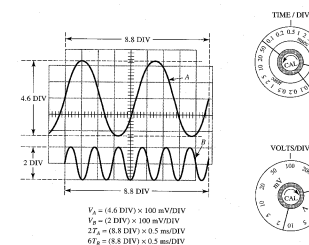
34

Tveggja rása sveiflusjá

- Rás A er lesin á tímabilinu t_1 og síðan rás B á tímabilinu t_2 og þá aftur rás A á tímabilinu t_3 og o. s. frv.
- Hátíðni bylgjuform koma fram sem brotnar línur, en við lágar- og miðlungstíðnir virðast bylgjuformin mynda heilar línur
- Fyrir háar tíðnir er betra að nota skiptihátt en saxhátt fyrir lágar tíðnir

35

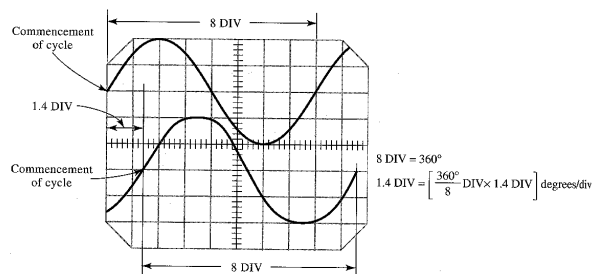
Spennumæling



- Útslag-í-útslag spennumerkisins er mælt með því að margfalda VOLT/DIV stillinguna með fjölda rúða sem útslag-í-útslag bylgjunnar spannar á skjá sveiflusjárinnar
- Lota merkisins er ákvörðuð með því að margfalda fjölda rúða, sem ein lota spannar á skjánum, með TIME/DIV stillingunni

36

Fasamælingar

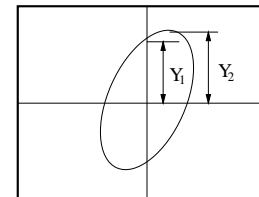


- Ákvörðun fasamunar á milli tveggja sínusbylgna
 - Fyrst reikna gráður/rúðu fyrir eina lotu.
 - Margfalda þann stuðul með láréttu hliðruninni milli bylgna

37

Fasamælingar

- Sveiflusjá í X-Y-hætti má einnig nota til að ákvarða fasamun milli tveggja merkja af sömu tíðni
- Ef fasahornið liggur milli 0° og 360° (er ekki 180°) birtist hringur eða sporbaugur á skjánum

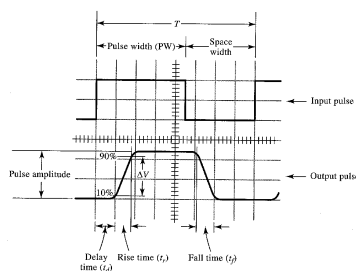


- Hlutfall skurðpunktar við y -ás, Y_1 og mesta lóðréttu útslags Y_2 jafngildir sínus af fasahorninu

$$\sin \theta = \frac{Y_1}{Y_2}$$

38

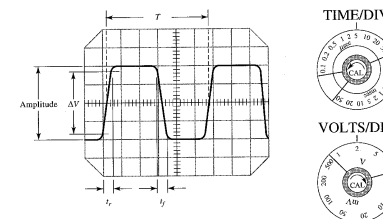
Tímamælingar



- **Ristími** er skilgreindur sem tíminn sem það tekur leiðandi skör bylgjuformsins að fara frá 10 % upp í 90 % af fullu útslagi
- **Falltími** er skilgreindur sem tíminn sem það tekur fylgjandi skör bylgjuformsins að fara frá 90 % niður í 10 % af fullu útslagi
- **Biðtími** er tíminn sem líður frá því að merki er sent inn þar til það hefur náð 10 % af fullu útslagi

39

Tímamælingar



Útslag:

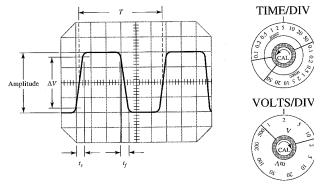
$$(4 \text{ lóðréttar rúður}) \times (2 \text{ V/rúðu}) \approx 8 \text{ V}$$

Lota:

$$T = (5.6 \text{ láréttar rúður}) \times (5 \mu\text{s/rúðu}) \approx 28 \mu\text{s}$$

40

Tímamælingar



Tíðni:

$$f = \frac{1}{T} \approx \frac{1}{28 \mu\text{s}} = 35.7 \text{ Hz}$$

Ristími:

$$t_r \approx (0.5 \text{ rúður}) \times (5 \mu\text{s}/\text{rúðu}) \approx 2.5 \mu\text{s}$$

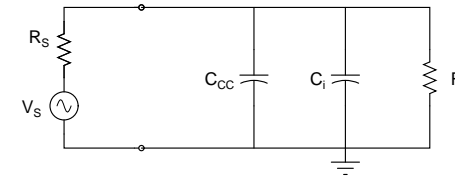
Falltími:

$$t_f \approx (0.6 \text{ rúður}) \times (5 \mu\text{s}/\text{rúðu}) \approx 3 \mu\text{s}$$

41

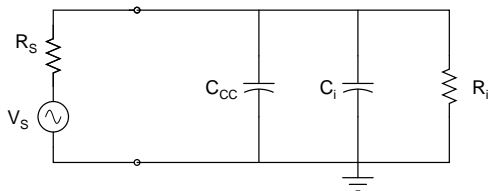
Sveiflusjárnamar - 1:1

- Innmerki á sveiflusjá eru venjulega lesin um sammiðja kapla með **nema** (e. probe) á öðrum endanum
- Neminn hefur tvær tengingar, inngang og jörð
- Jörðin er tengd skerminum á sammiðja kaplinum og varðar merkið, kemur í veg fyrir að óæskileg merki séu numin
- Slíkur nemi er 1 : 1 nemi þar eð hann inniheldur engin viðnám sem deyfa innmerkið



42

Sveiflusjárnamar - 1:1



- Sammiðja kapallinn hefur rýmd C_{CC}
- Inngangsviðnám sveiflusjár er venjulega $R_i = 1 \text{ M}\Omega$ samsíða $C_i = 30 \text{ pF}$
- Kapallinn bætir oft um 100 pF við heildar rýmdina
- Alltaf skal heidarsamviðnámið séð inn í kapalinn og sveiflusjána vera mun stærra en lindarviðnám rásarinnar

43

Sveiflusjárnamar - 1:1

- Við tíðnir þar sem launviðnám vegna $(C_{CC} + C_i)$ er mun stærra en R_S og R_i þá hefur rýmdin óveruleg áhrif og spennan við inngang sveiflusjár er

$$V_i = V_S \frac{R_i}{R_S + R_i}$$

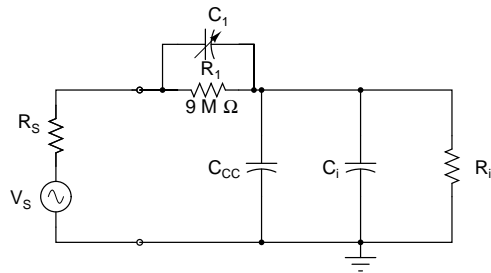
- Launviðnám vegna þétt minnkar með hækkandi tíðni
- Til að forðast verulega deyfingu og fasahliðrun á ekki að mæla við hærri tíðni en sem nemur einum tíunda af 3 dB deyfingu

⇒ Dæmi 8.1.

44

Sveiflusjárnemar - 10:1

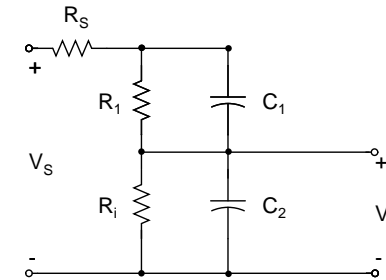
- **Deyfinemar** (e. attenuator probes) deyfa innmerkið venjulega tífalt og þá nefndir 10:1 nemar
- Þeir hafa oftast mun hærra inngangsviðnám heldur en 1:1 nemar
- Rásamynd af 10:1 nema sem inniheldur lind, nema og sveiflusjárningang



45

Sveiflusjárnemar - 10:1

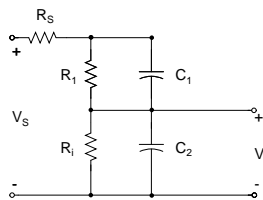
- Jafngildisrásin



$$C_2 = C_1 + C_{CC}$$

46

Sveiflusjárnemar - 10:1



- Við lága og miðlungs tíðni eru áhrif rýmdar á samviðnámið lítil inngangsspennan inn á sveiflusjána

$$V_i = V_S \frac{R_i}{R_1 + R_S + R_i}$$

og þegar $R_S \ll R_i$,

$$V_i \approx V_S \frac{R_i}{R_1 + R_i}$$

47

Sveiflusjárnemar - 10:1

- Með $R_1 = 9 \text{ M}\Omega$ og $R_i = 1 \text{ M}\Omega$,

$$V_i \approx V_S \frac{1 \text{ M}\Omega}{9 \text{ M}\Omega + 1 \text{ M}\Omega} = \frac{V_S}{10}$$

- Deyfing merkisins vegna þéttanna einna er

$$V_i = V_S \frac{1/\omega C_2}{1/\omega C_1 + 1/\omega C_2} = V_S \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

- Þegar deyfing þéttanna er jöfn deyfingu vegna viðnámana gildir

$$\frac{1/\omega C_2}{1/\omega C_1 + 1/\omega C_2} = \frac{R_i}{R_1 + R_i}$$

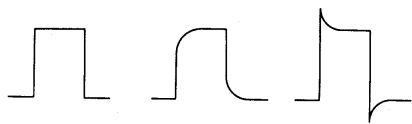
- Stærð þéttisins C_1 sem þarf til að jafna fyrir C_2 er

$$C_1 = C_2(R_i/R_1)$$

er stillt með skrúfu

48

Áhrif nema á kassabylgju

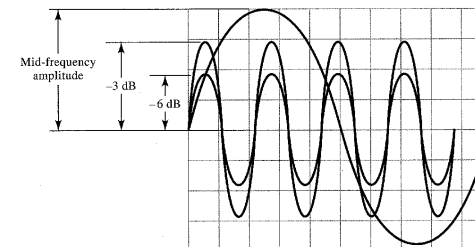


- Nema með háu inngangsviðnámi eru notaðir til að auka innviðnám og minnka áhrif virkrar rýmdar í inngangi sveiflusjár
- Inngangsviðnám og inngangsrýmd eru mismunandi frá sveiflusjá til sveiflusjár
- Mikilvægt er að sérhver nemi sé stilltur rétt þegar hann er tengdur við nýja sveiflusjá
- Ef rýmdin C_1 er of lág, er leiðandi skör kassabylgju rúnuð og ef C_1 er of stór sést yfirskot á leiðandi skör

⇒ Dæmi 8.2.

49

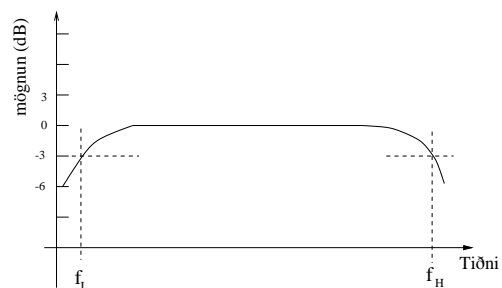
Tíðnisvörðun



- **Tíðnisvörðun** sveiflusjár er skilgreind með hæstu og lægstu tíðni sem mæla má með minna en 3 dB frávik

50

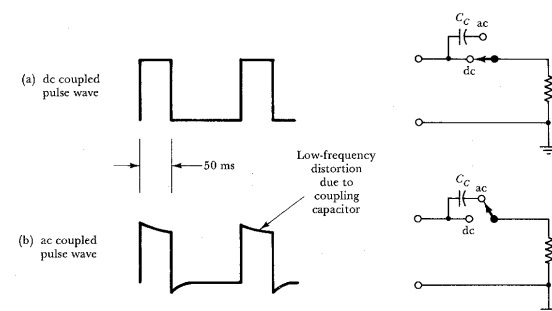
Tíðnisvörðun



- **Bandbreidd (bw)** er tíðnisviðið milli lægstu (f_L) og hæstu tíðni (f_H) sem mæla má með minna en 3 dB frávik

51

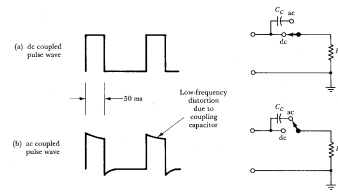
Lágtíðni-bjögðun púlsa



- Þegar bylgjuformið fer beintengt inn á sveiflusjána, er engin bjögðun á birtu bylgjuformi
- Ef að inngangur sveiflusjár er ac tengdur (e. ac coupled) veldur þéttirinn C_C halla, oft nefnt lág tíðni bjögðun, á efsta og neðsta hluta merkisins

52

Lágtíðni-bjögun púlsa

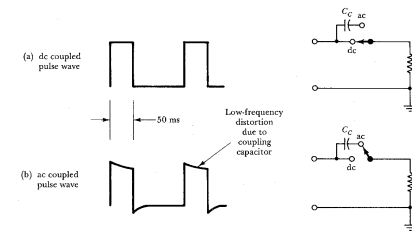


- Þessu veldur upphleðsla og afhleðsla þéttisins á meðan á púlssinn stendur yfir
- Tímfasti inngangs sveiflusjár er nú

$$\tau = R_i C_C$$
- Ef $R_i = 1 \text{ M}\Omega$ og $C_C = 0.1 \text{ }\mu\text{F}$ þá er $\tau = 0.1 \text{ s}$

53

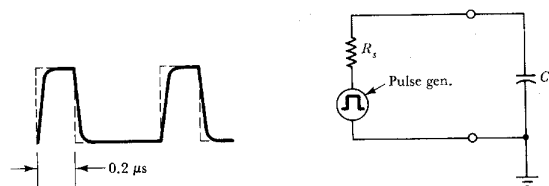
Lágtíðni-bjögun púlsa



- Ef lengd púlssins er mun styttri en $R_i C_C$ þá er upphleðsla og afhleðsla þéttisins lítil og bjögun merkisins óveruleg
- Til að forðast lágtíðni bjögum bylgjuforms verður púlssbreiddin að vera minni er einn tíundi af $R_i C_C$

54

Hátíðni-bjögun púlsa



- Við mjög stutta púlssa getur hátíðni bjögum merkisins komið fram á hvoru tveggja dc og ac inngöngum sveiflusjár
- Hátíðni bjögum bylgjuformsins kemur fram vegna tímastuðulsins sem lindarviðnámið R_S og inngangsrýmd sveiflusjár C_i mynda $\tau = R_S C_i$
- Ristími vegna $\tau = R_S C_i$ er

$$t_r = 2.2 \times R_S C_i$$

55

Hátíðni-bjögum púlsa

- Inngangsrýmd sveiflusjár framkallar ristíma og falltíma sem ekki eru fyrir hendi í upphaflega púlssinum
- Áhrif þess eru lágmarkuð með litlu lindarviðnámi eða deyinema sem skerðir inngangsrýmd
- Ristími púlssins, t_{ri} , og ristíminn sem sveiflusjárinn veldur, t_{ro} gefa birtan ristíma

$$t_{rd} = \sqrt{t_{ri}^2 + t_{ro}^2}$$

- Ef áhrif $R_S C_i$ eiga að vera óvera þarf ristími innmerkis að vera í það minnsta $3t_{ro}$

56

Hátíðni-bjögun púlsa

- Ristíma sveiflusjár má finna út frá

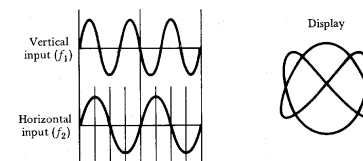
$$t_{ro} = \frac{0.35}{bw}$$

og fyrir sveiflusjá með bandvídd 10 MHz er ristíminn

$$t_{ro} = \frac{0.35}{10 \times 10^6 \text{ Hz}} = 35 \text{ ns}$$

57

Lissajou myndir



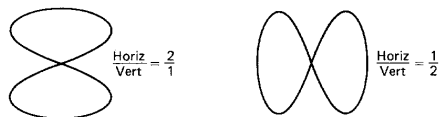
- Þegar tímagrunnur sveiflusjár er aftengdur og sínusbylgjur eru settar inn á lóðréttan og láréttan inngang sveiflusjár ræðst birt mynd af sambandinu á milli sínusbylgna
- Lissajous mynd** er mynstur sem kemur fram þegar lotubundin merki eru lögð á stýrirskaut sveiflusjár. Tíðnirnar tvær þurfa að vera í heiltölu hlutföllum
- Hringur birtist á skjánum ef innmerkin eru sínuslaga með 90° fasamun

58

Lissajou myndir

- Hlutfallið milli tíðni á lóðréttum ás f_1 og tíðni á láréttum ás f_2 er ákvarðað með

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{\text{fjöldi jákvæðra toppa}}{\text{Fjöldi toppa til hægri}}$$



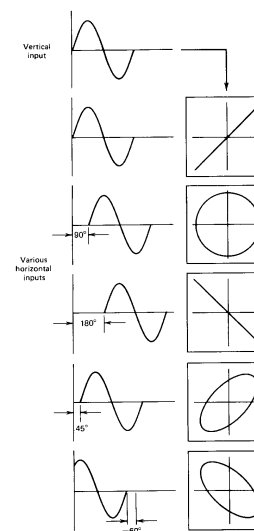
- Myndirnar sýna tíðnihlutföllin 1:2 og 2:1



- Myndin sýnir tíðnihlutfallið 3:2

59

Lissajou myndir



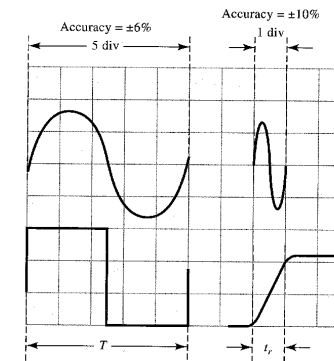
60

Næmni

- Næmni skilgreinir útslag inngangsspennunnar sem sýna má á skjá sveifusjár. Næmnin er venjulega á bilinu 2 mV/rúðu til 10 V/rúðu
- Nákvæmni á V/rúðu er oft 3 %.
- Þykkt merkisins á skjánum veldur um 5 % óvissu í aflestri á hverja rúðu. Þannig hefur útslag-í-útslag lesið með 5 rúðum um $\pm 5\%/5 = \pm 1\%$ aflestraróvissu
- Á sama hátt ef bylgjuform nær yfir fimm láréttar rúður, er aflestraróvissan $\pm 5\%/5 = \pm 1\%$
- Mælióvissa á tímagrunninum er venjulega $\pm 5\%$

61

Næmni



⇒ Dæmi 8.3.

⇒ Dæmi 8.4.

62

Frekara lesefni

Góðir kaflar um hliðrænar sveifusjár eru hjá Bell (1994, kafli 9) og hjá Jones and Chin (1991, kafli 8). Þá er og ágæt umfjöllun um hliðrænar sveifusjár í kennslubókinni (Wolf and Smith, 2003, kafli 6)

References

Bell, D. A. (1994). *Electronic Instrumentation and Measurements*. Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice Hall.

Jones, L. D. and A. F. Chin (1991). *Electronic Instruments and Measurements (2 ed.)*. Englewood Cliffs, NJ, 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.

63