Mælitækni I:

Hliðrænar sveiflusjár

Kafli 8

Jón Tómas Guðmundsson

tumi@hi.is

4. október 1999

Heimildir

- David A. Bell, *Electronic Instrumentation and Measurements*, 2 ed., Prentice Hall, 1994, kafli 9
- Larry D. Jones and A. Foster Chin, *Electronic Instruments and Measurements*, Prentice Hall, 1991, kafli 8

Inngangur

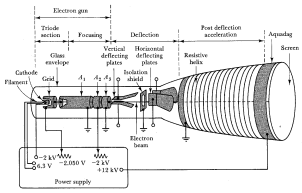
- Sveiflusjáin er grundvallarverkfæri til þess að skoða bylgjuform
- Oftast er spenna sýnd sem fall af tíma á skjá sveiflusjárinnar
- Með sveiflusjá má mæla stærðir eins og t.d.:,
  - Útslag spennu
  - Tíðni merkis
  - Fasamun
  - Púlsalengd
  - Töf
  - Ristíma
  - Falltíma

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
- Skjárinn ljómar í punktinum þar sem rafeindirnar lenda
- Auðvelt er að beygja geislan 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

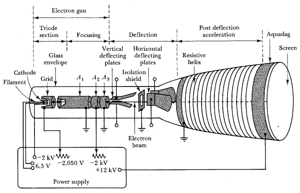
Bakskautslampi

- 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
- 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

Bakskautslampi-Þristhluti

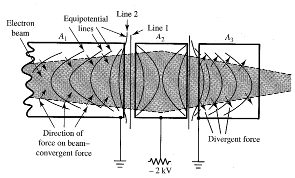


- Þristhluti (e. triode section) bakskautslampa samanstendur af bakskautinu, grind og forskautinu
- Grindin er bolli úr nikkel, sem á er gat, og umlykur hann bakskautið nær algerlega
- Bakskautið, sem einnig er smíðað úr nikkel, er sívalningslaga með oxíðhúðuðum fleti sem snýr beint að gatinu í bollanum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

Bakskautslampi-Þristhluti

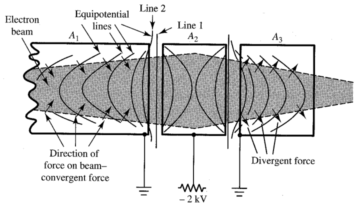
- Bakskautinu er gjarnan haldið við - 2 kV og grindarspennan er stillanleg frá - 2050 V til - 2000 V
- Mættismunurinn á milli grindar og bakskauts stýrir rafeindaflæðinu frá bakskautinu og þar með fjölda þeirra rafeinda sem beint er að skjánum
- Birtustig á skjánum ræðst af fjölda rafeinda. Því stýrir 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 brennivídd geislans

Bakskautslampi- Brennivídd



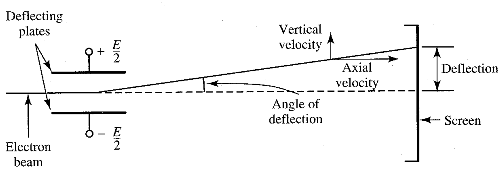
- Skautin A_1, A_2 og A_3 eru í raun rafeindalinsur
- Þær gegna því hlutverki að beina rafeindunum í brennipunkt á skjá myndlampans
- A_1 gefur hröðunarspennuna, sem dregur rafeindirnar frá bakskautinu og gatið í A_1 takmarkar þversnið geislans
- A_2 og A_3 eru jarðtengd en A_2 er við stillanlega spennu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

Bakskautslampi- Brennivídd



- 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

Bakskautslampi-Stýriskaut

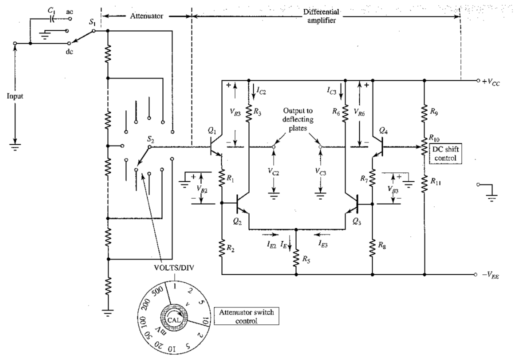


- Þegar rafeindirnar ferðast frá rafeindabyssunni að skjánum dragast þær að jákvæðu skauti en forðast hið neikvæða
- Rafeindum er hraðað í átt að jákvæðu plötunni
- Rafeindirnar eru því sveigðar á leið sinni milli platnanna

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

Bakskautslampi-Stýriskaut

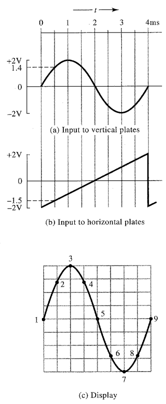


- Grunnrás yrir stýriskaut sveiflusjár
- Smárarnir Q_1 og Q_2 skapa hátt innviðnám en Q_2 og Q_3 eru magnarar

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 hærri orkustig. Þær senda síðan frá sér ljós er þær leita aftur í upphaflegt ástand
- Ljóminn getur staðið frá nokkrum þúsundustu pörtum úr sekúndu upp í nokkrar sekúndu og ræst 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

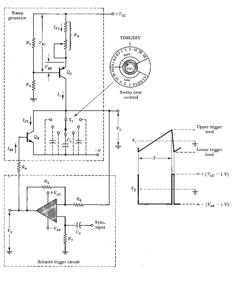
Birting bylgjuforma



- **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

Tímagrunnur sveiflusjár

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



- Inngangsspennan á Schmitt gikkinn V_1 er útgangsspenna rampalindarinnar yfir viðnámið R_6
- Magnarinn hefur litla spennumögnun ($\approx$ 200000)
- Lítill munur í spennu milli + og - inngangs magnarans veldur mettun magnarans

Tímagrunnur sveiflusjár

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

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

- 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

Tímagrunnur sveiflusjár

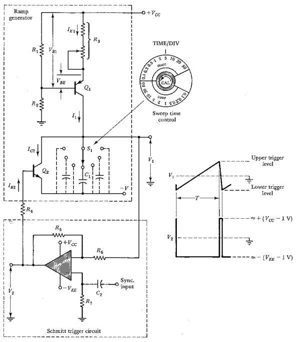
- Þegar gikkrásin gefur neikvætt útmerki er slökkt á Q_2 og straumurinn I_1 fer inn á þéttinn C_1 og hleður hann upp línulega, sem gefur rampa útspennu

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

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 þéttsins C_1 með TIME/DIV takka sveiflusjárinnar

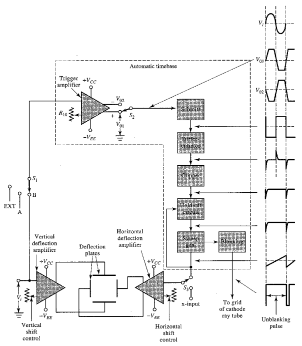
Tímagrunnur sveiflusjár



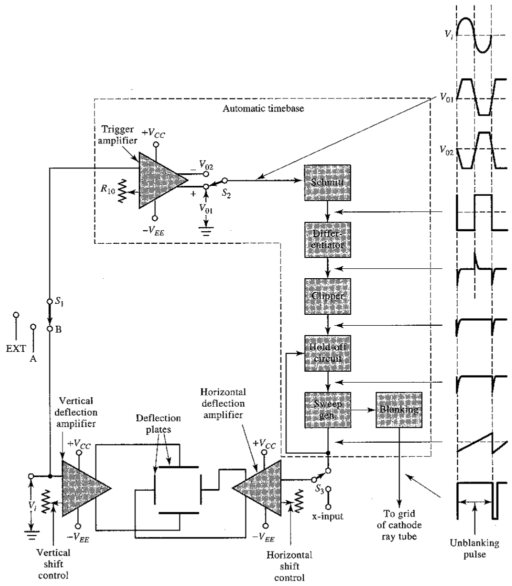
- Grunnrásin sem stýrir sveiflu geislans í sveiflusjá
- Smárinn Q_1 sér fyrir stöðugum hleðslustraum inn á þéttinn C_1, og þar með er framkallaður rampi
- Schmitt gikkurinn kveikir á Q_2 sem afhleður þéttinn C_1, þegar rampspennan nær efstu stöðu og slekkur á Q_2 aftur þegar C_1 er afhlaðinn í æskilegt lægra spennugildi

Sjáfvirkur tímagrunnur

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



Sjáfvirkur tímagrunnur

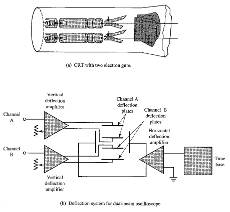


Sjáfvirkur tímagrunnur

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

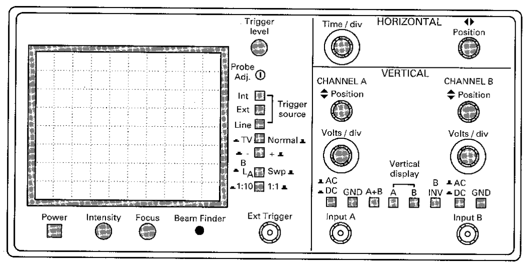
Tveggja rása sveiflusjár

- Flestar sveiflusjár geta sýnt tvö bylgjuform samtímis



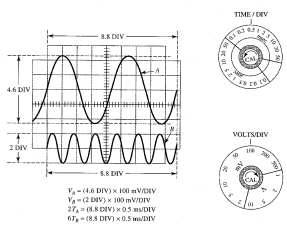
- Til að sýna tvö bylgjuform samtímis þarf tvær rafeindabyssur þó er einnig mögulegt að nota eina rafeindabyssu og skipta geislanum upp áður en hann kemur að stýriskautunum
- Það þarf tvöfalt kerfi af lóðréttum stýriskautum og eitt sett af láréttum stýriskautum
- Sagartönnin frá tímagrunninum er lögð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

Sveiflusjá



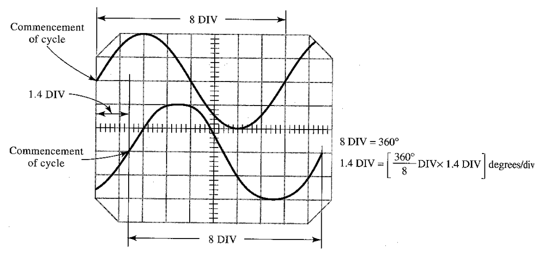
Framhlið hliðrænnar, tveggja rása, sveiflusjár

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

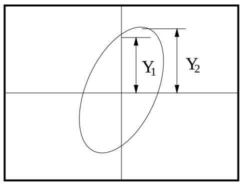
Fasamælingar



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

Fasamælingar

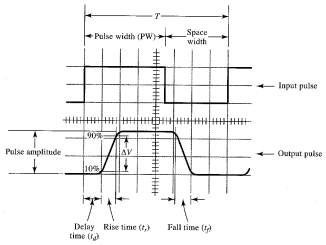
- Sveiflusjá í X-Y-hætti má einnig nota til að ákvarða fasamun milli tveggja merkja af sömu tíðni
- Ef fasahornið liggur milli 0° og 360° (er ekki 180°) birtist hringur eða sporbaugur á skjánum



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

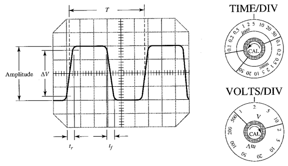
$$\sin\theta = \frac{Y_1}{Y_2}$$

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

Tímamælingar



Útslag:

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

Lota:

$T =$ (5.6 láréttar rúður) $\times$ (5 μs/rúðu) $\approx$ 28 μs

Tíðni:

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

Ristími:

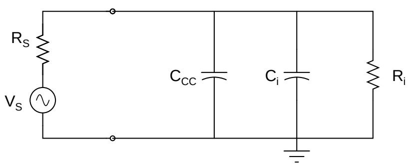
$t_r \approx$ (0.5 rúður) $\times$ (5 μs/rúðu) $\approx$ 2.5 μs

Falltími:

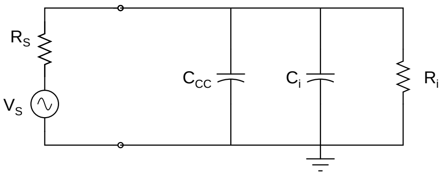
$t_f \approx$ (0.6 rúður) $\times$ (5 μs/rúðu) $\approx$ 3 μs

Sveiflusjárnemar - 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



Sveiflusjárnemar - 1:1



- Sammiðja kapallinn hefur rýmd C_{CC}
- Inngangsviðnám sveiflusjár er venjulega $R_i = 1$ MΩ samsíða $C_i = 30$ 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

Sveiflusjárnemar - 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

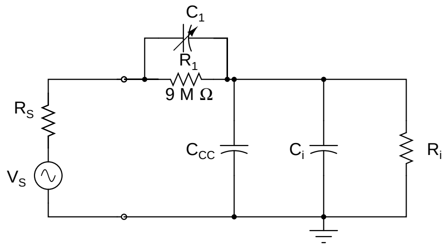
$$V_i = V_S \frac{R_i}{R_S + R_i}$$

- 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

$\Longrightarrow$ Dæmi 8.1.

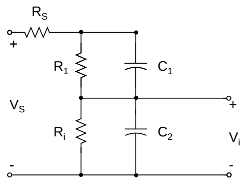
Sveiflusjárnemar - 10:1

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



Sveiflusjárnemar - 10:1

- Jafngildisrásin



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

- 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 $R_S \ll R_i$,

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

Sveiflusjárnemar - 10:1

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

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

- 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 viðnámanna 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

$$C_1 = C_2 \frac{R_i}{R_1}$$

- Með skrúfu er stærð þéttisins C_1 stillt