Mælitækni I:

Stafrænir fjölmælar

Kafli 4

Jón Tómas Guðmundsson

tumi@hi.is

13. september 1999

Heimildir

- Joseph J. Carr, *Elements of Electronic Instrumentation and Measurement*, 3 ed., Prentice Hall, 1996, kafli 7
- David A. Bell, *Electronic Instrumentation and Measurements*, 2 ed., Prentice Hall, 1994, kaflar 4.2 – 4.5 og 6

Rafrænir fjölmælar

Spennumælar sem samanstanda af snúðspólumælum og margföldunarviðnámum eru takmarkaðir

- Þeir geta ekki mælt mjög lágar spennur, næmnin er takmörkuð
- Viðnám þeirra er of lágt fyrir mælingar í rásum með hátt tvinnviðnám
- Fyrir 50 μA mæliverk, sem ásamt margföldunarviðnámi myndar spennumæli, er næmnin 20000 Ω/V
- Á lágu spennusviði er viðnám slíks mælis lágt. Á mælisviðinu 0 – 0.5 V er innviðnámið aðeins

$$0.5 \text{ V } \times 20000 \ \Omega/\text{V} = 10 \text{ k}\Omega$$

Þessar takmarkanir má yfirvinna með því að setja rásir, sem hafa hátt inngangsviðnám og geta magnað lág spennugildi, á milli merkis og mæliverks.

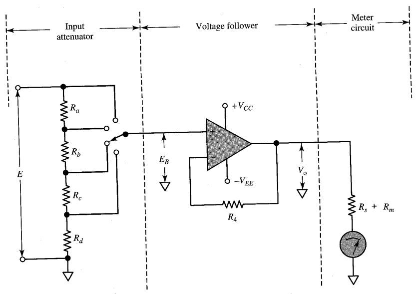
Rafrænir fjölmælar

- Rafrænn spennumælir getur haft innviðnám á bilinu 10 MΩ – 100 MΩ og innviðnámið er fasti yfir mælisviðið
- Álagshrif á rásina eru því minni ef rafrænn mælir er notaður
- Rafrænan mæli er ekki hægt að nota í sterku rafsegulsviði
- Í sumum rafrænum mælum er notaður magnari til að magna veik merki, en í öðrum er notaður deyfiliður til að minnka útslag merkja sem eru ofan við grunnsvið mælisins

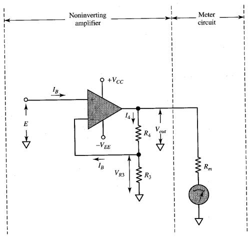
Rafrænir fjölmælar

Setja má aðgerðamagnara á milli margföldunarviðnáma og mæliverks, við það hækkar innviðnámið og möguleiki er á mögnun merkisins.

Deyfiliðurinn (e. attenuator) ákvarðar mælisviðið



Rafrænir fjölmælar



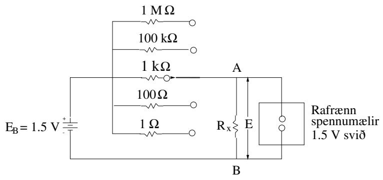
- Aðgerðamagnararás, sem ekki umhverfir merkinu, má nota til að magna innspennu upp í heppilegt svið fyrir mæliverkið
- Hann hefur hátt innviðnám og mjög lágt útviðnám og spennumögnun er gefin með

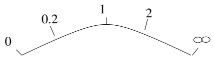
$$A_v = \frac{R_3 + R_4}{R_3}$$

og útmerkið verður

$$v_o = E\frac{R_3 + R_4}{R_3}$$

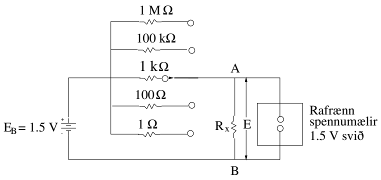
Rafrænn viðnámsmælir

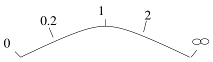




- Myndin sýnir viðnámsmæli sem notar spennumæli á 1.5 V sviði.
- 1.5 V rafhlaða og nokkur staðalviðnám eru notuð
- Óþekkta viðnámið R_x er tengt á milli A og B þannig að inngangsspennan E er spennufallið yfir R_x

Rafrænn viðnámsmælir





Þegar óþekkt viðnám er tengt á milli A og B þá er rafhlöðuspennunni E_B deilt á milli R_1 og R_x

$$E = E_B\frac{R_x}{R_1 + R_x}$$

og ef $R_x = R_1 = 1\text{k}\Omega$ þá er

$$E = 1.5\frac{1\ \text{k}\Omega}{1\ \text{k}\Omega + 1\ \text{k}\Omega}$$

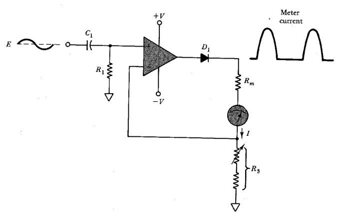
sem er hálfur skali eða miðja viðnámsskalans.

Mælirinn sýnir alltaf hálfan skala þegar $R_x = R_1$ og gildir þá einu hvaða mælisvið er valið.

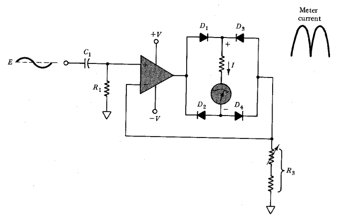
Afriðun

Oft er sett afriðunarrás milli magnara og merkis

- Hálfbylgjuafriðun sem breytir spennu í straum



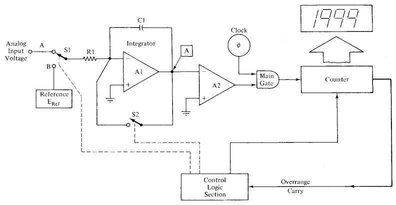
- Heilbylgjuafriðun sem breytir spennu í straum



$\Longrightarrow$ Dæmi 4.1.

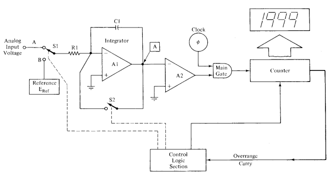
Stafrænn spennumælir

Stafrænn spennumælir er í raun A/D breyta með stafrænan skjá (e. digital display)

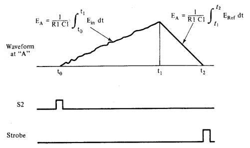


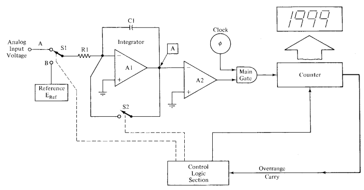
- Flestir stafrænir spennumælar eða fjölmælar nota A/D breytu sem kölluð er tvöföld tegurrás (e. dual-slope integrator)
- Hjarta rásarinnar er tegrarinn (A1, R1 og C1).
- A2 er samanburðarrás. Útgangur hennar er lágur ef útgangur tegurrásarinnar er núll og hár ef útgangur tegurrásarinnar er hærri en nokkur mvolt yfir jörð.

Stafrænn spennumælir



1. Við tímann t_o er rofanum S2 lokað og þéttirinn C1 er núllstilltur. S1 er settur í stöðu A
2. Tegrarinn hleðst upp vegna straumsins $E_{in}/R1$ svo E_A hækkar frá núlli
3. Þegar E_A verður hærra en núll, þá verður útgangur samanburðarrásarinnar hár og klukkupúlsarnir fara um hliðið inn á teljara





4. Teljarinn telur þar til hann yfirfyllist við t_1 og sendir frá sér púls (e. overflow pulse) sem veldur því að S1 skiptir um stöðu, fer í stöðu B.

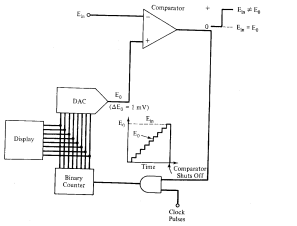
   Við það er lögð nákvæm viðmiðunarspenna á inngang tegrarans. Hér er teljarinn settur í 0000
5. Milli t_1 og t_2 afhleðst tegrarinn vegna straumsins $-E_{ref}/R1$; og teljarinn telur
6. Við t_2 slekkur samanburðarrásin á púlsunum, sem fara um hliðið. Talningar milli t_1 og t_2 gefa innspennuna
7. Stýrirásin sendir púls við tímann t_2 sem uppfærir stafræna skjáinn

Stafrænn spennumælir

- Tvöföld tegurrás er tiltölulega hæg A/D-breyta. Hver mælingi tekur 10 – 40 ms
- Stafrænn DC spennumælir tekur meðaltal af innspennu yfir tegurtímann. Hann er því tiltölulega óháður suði á innmerki
- Nákvæmni stafrænna fjölmæla er mjög góð
- Þeir eru sagðir 2 1/2 - stafa, 3 1/2 - stafa, o. s. frv.
- Veigamesti stafurinn (e. most significant digit) getur einungis tekið gildin 0 og 1 þegar aðrir stafir geta tekið gildi milli 0 og 9
- Til dæmis mælir 3 1/2 - stafa stafrænn spennumælir 0 - 1999 mV þegar grunnsvið hans er 0 – 999 mV. Ef farið er út fyrir þetta svið birtist 1 sem annars er slökkt.

Stafrænn - Skrefari

Fyrstu stafrænu spennumælarnir voru skrefarar



1. Í upphafi er $E_o = 0$ og E_{in} er á bilinu 0 – 1 V dc
2. Þar eð $E_o \neq E_{in}$ þá er samanburðarrásin há og klukkupúlsarnir fara um hliðið og ná að teljaranum
3. Útspenna DAC, E_o, hækkar um 1 mV í skrefum þar til $E_o = E_{in}$
4. Þegar $E_o = E_{in}$ verður spennan frá samanburðarrásinni lág og hliðið lokast. Útgangur teljarans er nú mælikvarði á E_{in} í mV og birt á stafrænum skjá.

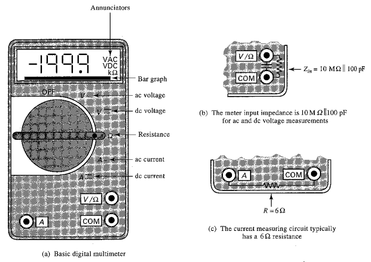
Stafrænn spennumælir

- Þegar breytt er úr hliðrænu merki í stafrænt er innspennan skömmtuð inn í stök gildi
- Fyrir A/D-breytu þá er fjöldi strjálla gilda

  $$N = 2^n - 1$$

  þar sem n er fjöldi bita
- Fyrir 4-bita A/D-breytu er skömmtunarvillan 1 af 15 eða 6.7%.
- Fyrir 5-bita A/D-breytu er skömmtunarvillan 1 af 31 eða 3%.

Stafrænn spennumælir



- Straum og spennumælingar með stafrænum fjölmælum fara fram á svipaðan hátt og í hliðrænum mælum. Stærðinni er breytt í spennu sem mæld er með stafrænum aðferðum
- Nákvæmni stafræns fjölmælis ræðst af mælingunni sem gerð er
- Nákvæmni stafræns mælitækis er venjulega gefin sem $\pm(0.5\ \%\ \text{rdg} + 1\ \text{d})$

Stafrænn spennumælir

- Mesta skekkja þegar 1.800 V eru mæld er

  $$\pm(0.5\ \%\ \text{af}\ 1.8\ \text{V} + 0.001\ \text{V}) = \pm\ 0.01\ \text{V}$$

  eða

  $$\pm\ 0.56\ \%\ \ \text{af aflestri}$$