

Mælitækni I:

Rafrænir og stafrænir fjölmælar

Kaffi 4

Jón Tómas Guðmundsson

tumi@hi.is

30. ágúst 2007

1

Rafrænir fjölmælar

Spennumælar sem samanstanda af snúðspólumælum og margföldunarviðnámmum 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 $50 \mu\text{A}$ mæliverk, sem ásamt margföldunarviðnámi myndar spennumæli, er næmnin $20000 \Omega/\text{V}$
- Á lágu spennusviði er viðnám slíks mælis lágt. Á mælisviðinu $0 - 0.5 \text{ V}$ er innviðnámið aðeins

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

2

Rafrænir fjölmælar

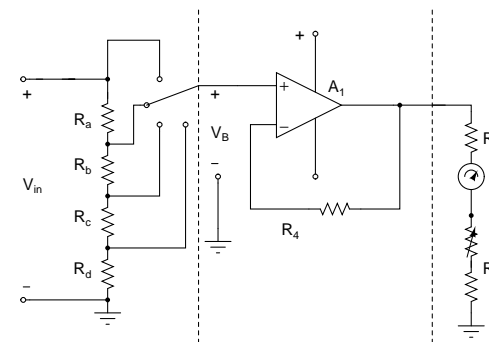
Þessar takmarkanir má yfirvinna með því að setja rásir, sem hafa hátt inngangsviðnám og geta magnað lág spennugildi, á milli merkis og mæliverks

- Rafrænn spennumælir getur haft innviðnám á bilinu $10 \text{ M}\Omega - 100 \text{ M}\Omega$ 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

3

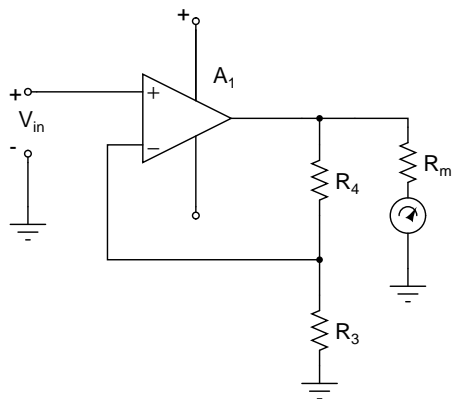
Rafrænir fjölmælar

- Setja má aðgerðamagnara á milli margföldunarviðnáma og mæliverks, við það hækkar innviðnámið og möguleiki er á mögnun merkisins.
- Deyfiliðurinn (e. attenuator) ákvarðar mælisviðið



4

Rafrænir fjölmælur



- Aðgerðamagnararás, sem ekki umhverfir merkinu, má nota til að magna innspennu upp í heppilegt svið fyrir mæliverkið

5

Rafrænir fjölmælur

- Hann hefur hátt innviðnám og mjög lágt útviðnám og spennumögnun er gefin með

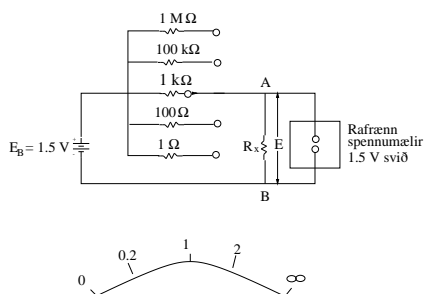
$$A_v = \frac{R_3 + R_4}{R_3}$$

og útmerkið verður

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

6

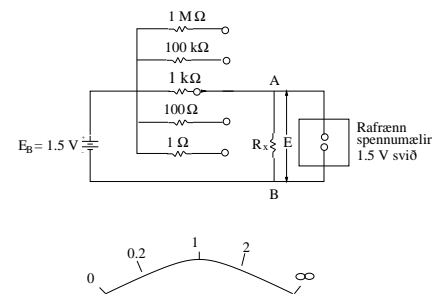
Rafrænn viðnámsmælir



- 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

7

Rafrænn viðnámsmælir

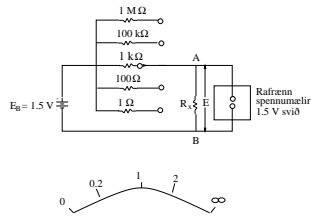


- Þegar óþekkt viðnám er tengt á milli A og B þá er rafhlöðuspennunni E_B deilt á milli R_1 og R_x

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

8

Rafrænn viðnámsmælir



- Þegar $R_x = R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ 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.

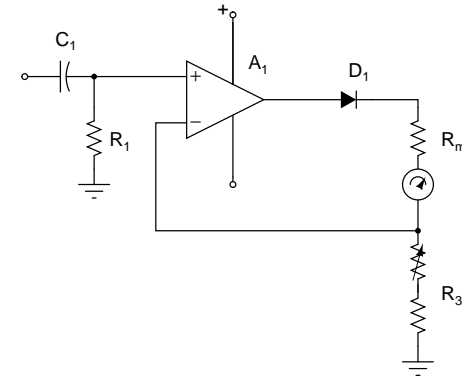
- Mælirinn sýnir alltaf hálfan skala þegar $R_x = R_1$ og gildir þá einu hvaða mælisvið er valið

9

friðun

Oft er sett afriðunarrás milli magnara og merkis

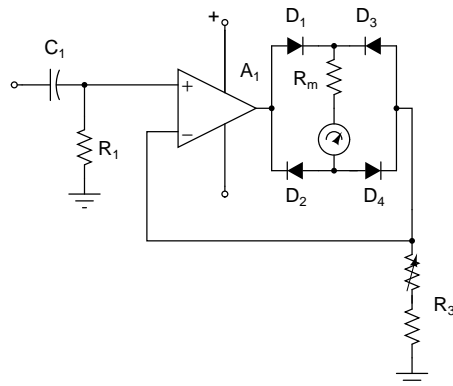
- Hálfbylgjuafriðun sem breytir spennu í straum



10

friðun

- Heilbylgjuafriðun sem breytir spennu í straum

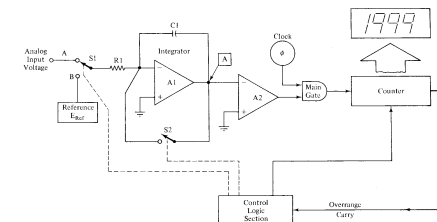


⇒ Dæmi 4.1.

11

Stafrænn spennumælir

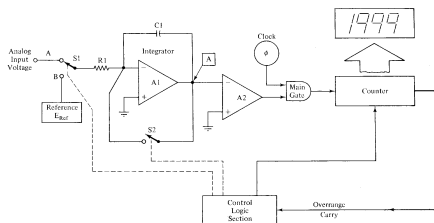
Stafrænn spennumælir er í raun A/D breyta með stafrænan skjá (e. digital display)



- Flestir stafrænnir spennumælir eða fjölmælir nota A/D breytu sem kölluð er tvöföld tegurrás (e. dual-slope integrator)
- Hjarta rásarinnar er tegurrásin (íhlutir A1, R1 og C1)

12

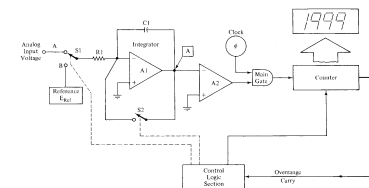
Stafrænn spennumælir



- A2 er samanburðarrás. Útgangur hennar er lágur ef útgangur tegurrásarinnar er núll og háur ef útgangur tegurrásarinnar er hærri en nokkur mvolt yfir jörð.

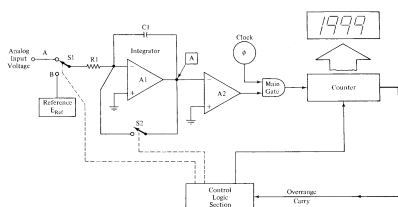
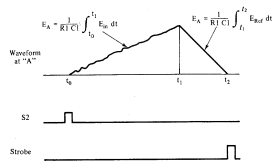
13

Stafrænn spennumælir



1. Við tímann t_0 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 hærri en núll, þá verður útgangur samanburðarrásarinnar háur og klukkupúlsarnir fara um hliðið inn á teljara

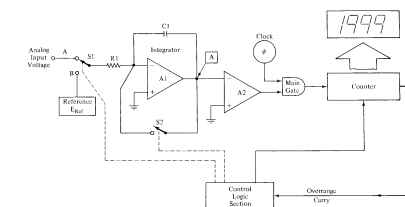
14



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

15



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

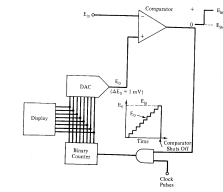
16

Stafrænn spennumælir

- Tvöföld tegurrás er tiltölulega hæg A/D-breyta. Hver mæling 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.

17

Stafrænn - Skrefari



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.

18

Stafrænn spennumælir

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

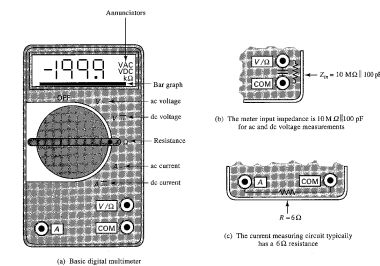
$$N = 2^n - 1$$

þar sem n er fjöldi bita

- Fyrir 4-bitu A/D-breytu er skömmtunarvillan 1 af 15 eða 6.7%.
- Fyrir 5-bitu A/D-breytu er skömmtunarvillan 1 af 31 eða 3%.

19

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 $\pm(0.5 \% \text{ rdg} + 1 \text{ d})$

20

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

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

Frekara lesefni

Um afriðun ac spennumælinga má lesa í Northrop (1997, kafli 8.4.) og Wolf and Smith (2003, bls. 100 – 111). Um stafræna spennumæla er fjallað hjá Wolf and Smith (2003, kafli 5). Aðrar kennslubækur eins og Bell (1994, kaflar 4.2 – 4.5 og 6) og Carr (1996, kafli 7) hafa kafla um rafræna og stafræna spennumæla.

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.

Northrop, R. B. (1997). *Introduction to Instrumentation and Measurements*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.

Wolf, S. and R. F. M. Smith (2003). *Student Reference Manual for Electronic Instrumentation Laboratories* (2 ed.). Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice Hall.