

## Mælitækni I:

# Rafrænir og stafrænir fjölmælar

## Kaffi 4

Jón Tómas Guðmundsson

tumi@hi.is

2. september 2008

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

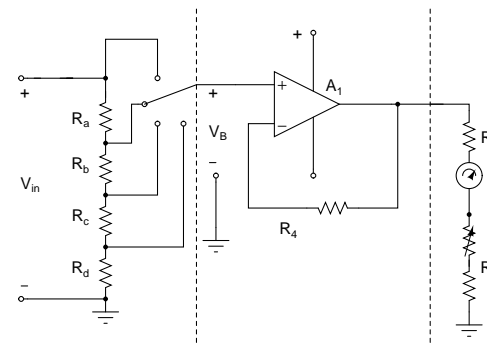
Þessar takmarkanir má yfirvinna með því að setja rásir, sem hafa hátt inngangsviðnám og geta magnað lág spennugildi, á milli merkis og mæliverks

- 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

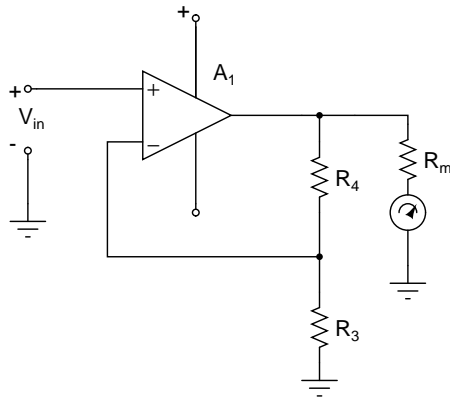
## Rafrænir fjölmælar

- 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 fjölmælar



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

5

## Rafrænir fjölmælar

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

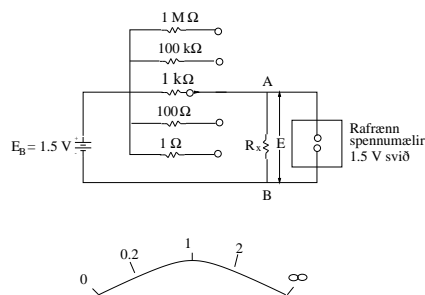
$$A_v = \frac{R_3 + R_4}{R_3}$$

og útmerkið verður

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

6

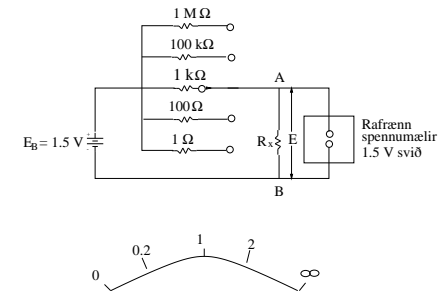
## Rafrænn viðnámsmælir



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

7

## Rafrænn viðnámsmælir

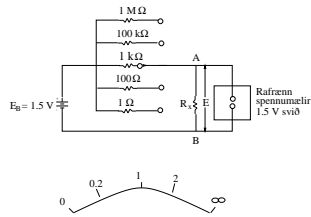


- Þegar óþekkt viðnám er tengt á milli A og B þá er rafhlöðuspennunni  $E_B$  deilt á milli  $R_1$  og  $R_x$

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

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.

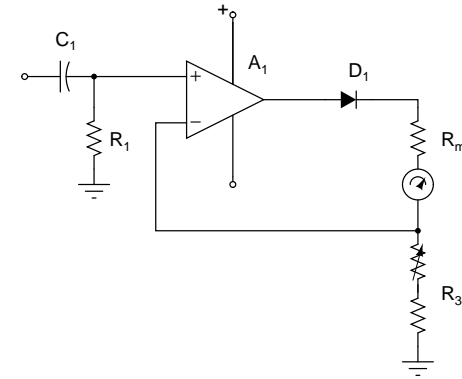
- Mælirinn sýnir alltaf hálfan skala þegar  $R_x = R_1$  og gildir þá einu hvaða mælisvið er valið

9

## Afriðun

Oft er sett afriðunarrás milli magnara og merkis

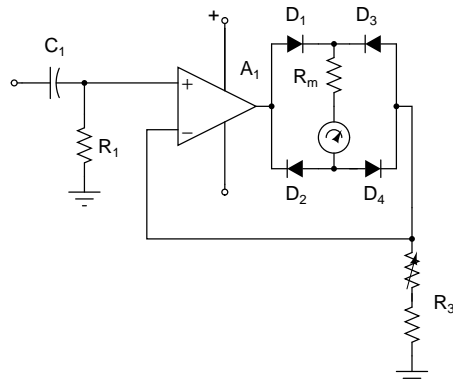
- Hálfbylgjuafriðun sem breytir spennu í straum



10

## Afriðun

- Heilbylgjuafriðun sem breytir spennu í straum

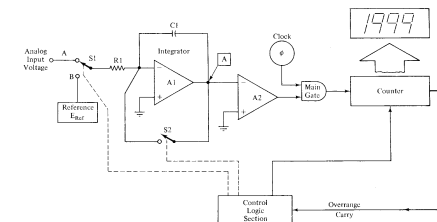


⇒ Dæmi 4.1.

11

## Stafrænn spennumælir

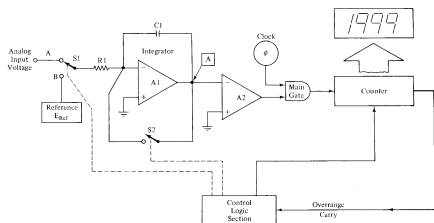
Stafrænn spennumælir er í raun A/D breyta með stafrænan skjá (e. digital display)



- Flestir stafrænir 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

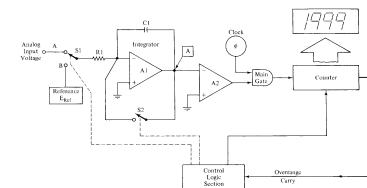
## Stafrænn spennumælir



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

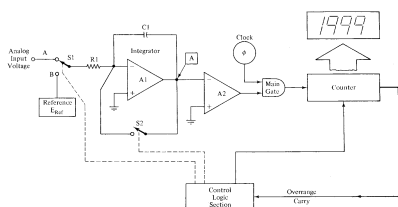
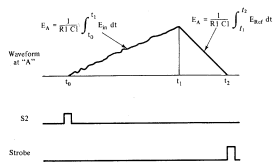
13

## 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

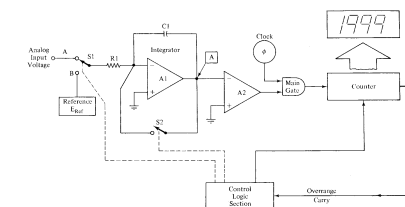
14



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

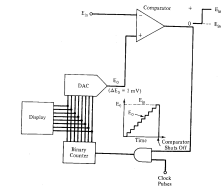
16

## 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 strjálra gilda

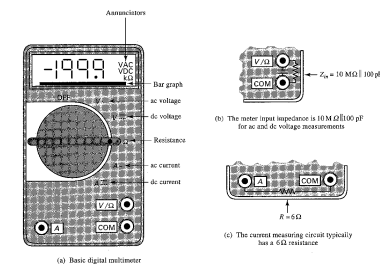
$$N = 2^n - 1$$

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.