

- **Електронни схеми за измерване**
 - **Видове сензори според изходния сигнал или чувствителния елемент:**
 - Съпротивление (с паразитни добавки L, C);
Температура, деформации (тегло);
Топлопроводност и др.
 - Капацитет;
Размери, тегло, налягане, газосъдържание;
 - Индуктивност;
Малки премествания, деформации;
 - Напрежение;
Температура;

- **Електронни схеми за измерване**
 - **Видове сензори според изходния сигнал или чувствителния елемент:**
 - Ток;
Електрохимия;
 - Заряд, пиезосензори;
Малки премествания, вибрации;
 - Светлина (оптически);
Упражнение „Електронна везна“;
 - Други;
Магнитострикция, звук от трансформаторите;

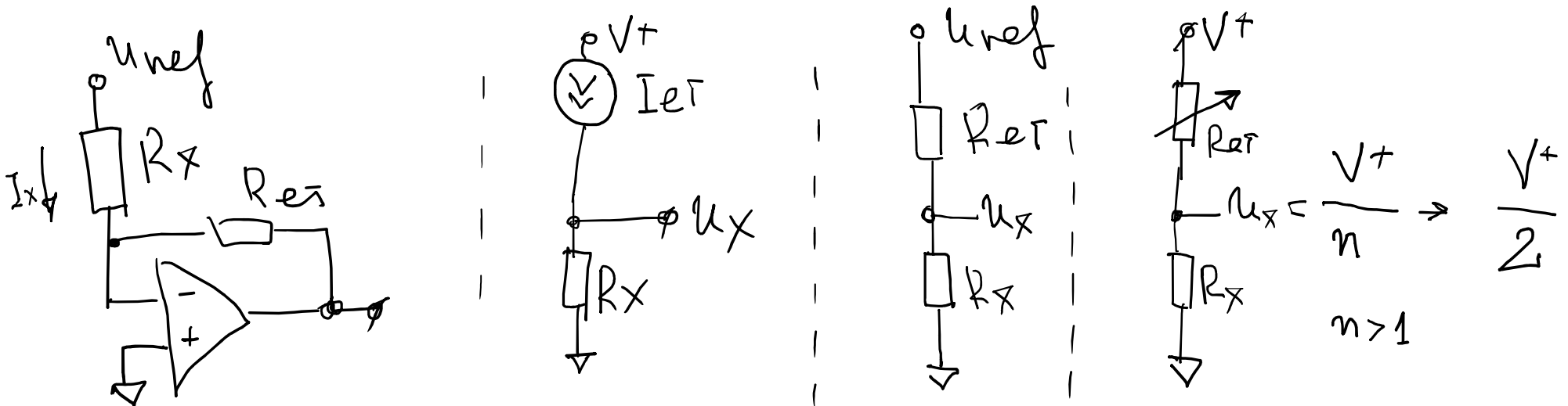
- **Електронни схеми за измерване**

- **Измерване на съпротивление (импеданс):**

- Постояннотоково и променливотоково измерване;

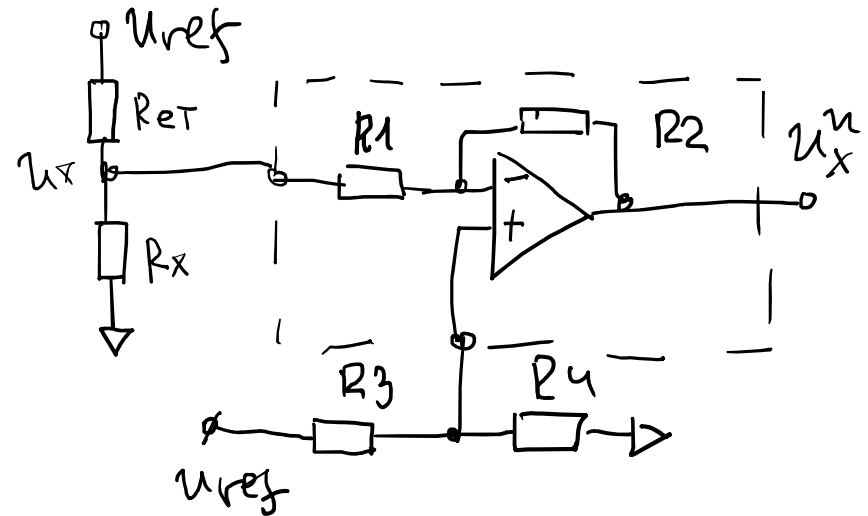
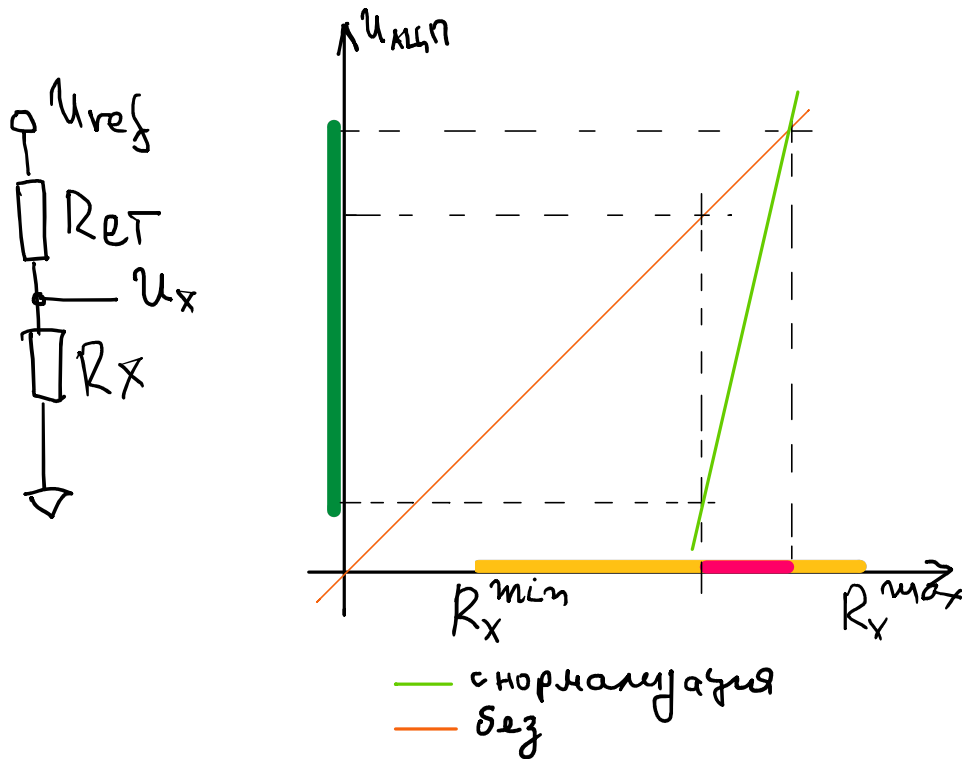
- Измерване на активно съпротивление, примери:

Може да се ползват и за променлив ток. Двете вдясно са без и с уравнивяване.



Електронни устройства за измерване и управление

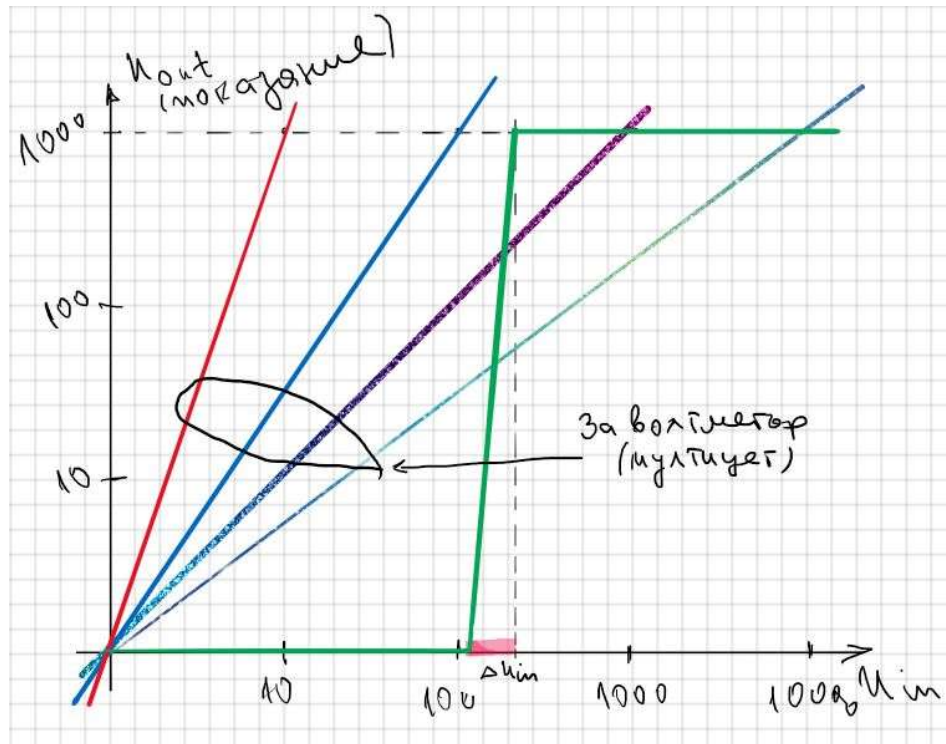
- Измерване на активно съпротивление, нормализация на обхвата:
 - Избиране на усилване и на постояннотоково отместване, обхвати;
 - Линейност на метода на измерване според обхвата на изменение;



Електронни устройства за измерване и управление

- Обикновено при смяна на обхвата (волтметър) се сменя само усилването;
- При сензорите, в повечето случаи, „полезната“ част от обхвата често е едва 1-2%!

(Pt100 → 35°C = 114Ω, 42°C = 116Ω)

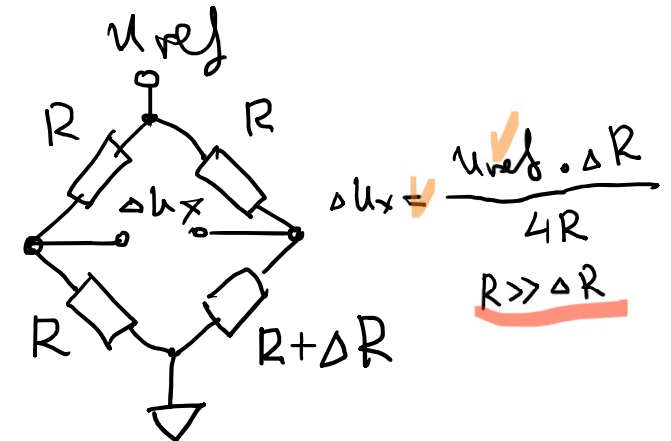
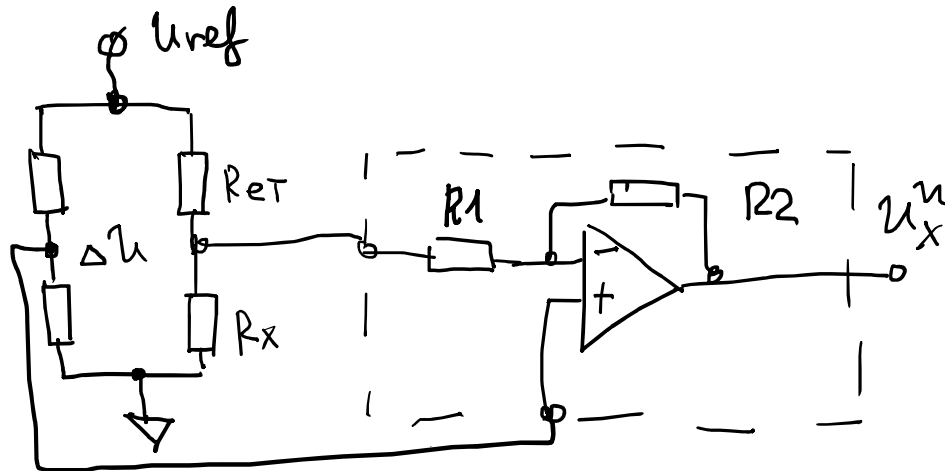


Обхватите които са показани на фигурата 10, 100, 1000 са в логаритмичен мащаб.

В зелено е характеристиката на сигнал от сензор, съгласуван с обхвата ΔU_{in} който представлява интерес.

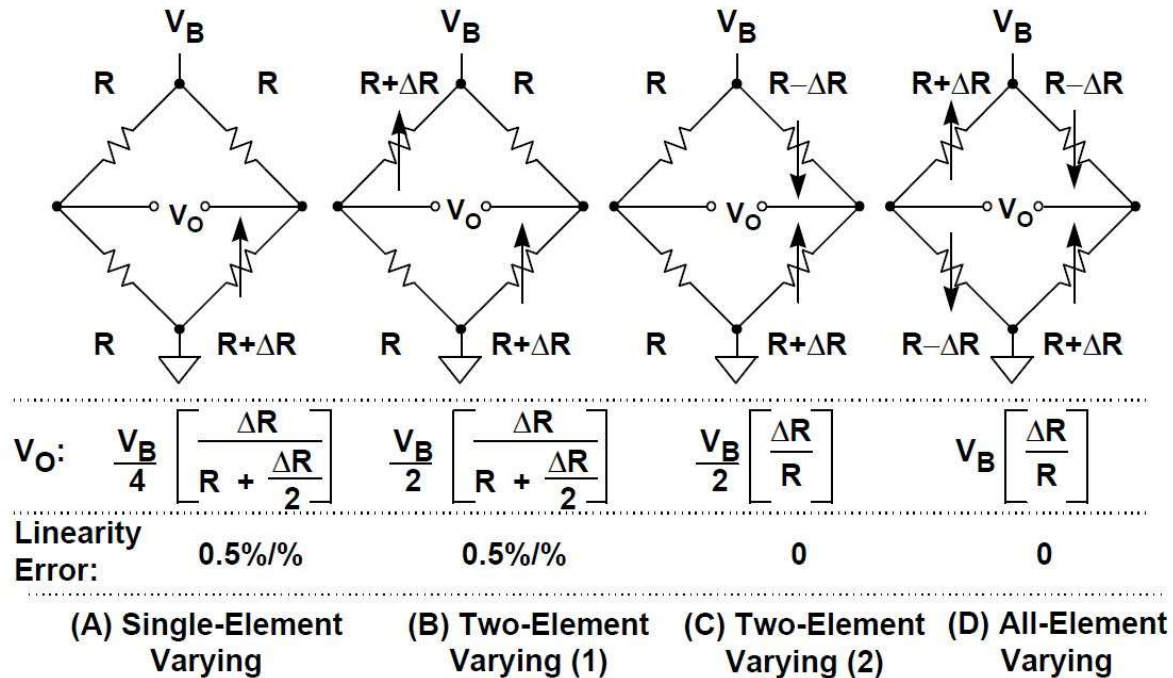
Електронни устройства за измерване и управление

- **Мостови схеми на измерване** - <https://lark.tu-sofia.bg/ntt/eusku/readings/eusku02.pdf>
 - Принцип на работа, основни параметри:
 - Често се ползват, не винаги се разпознават;



Електронни устройства за измерване и управление

- Видове мостови схеми:
 - С 1, 2 или 4 сензора, еднопосочно или разнопосочно изменящи се;
 - Захранване с напрежение;

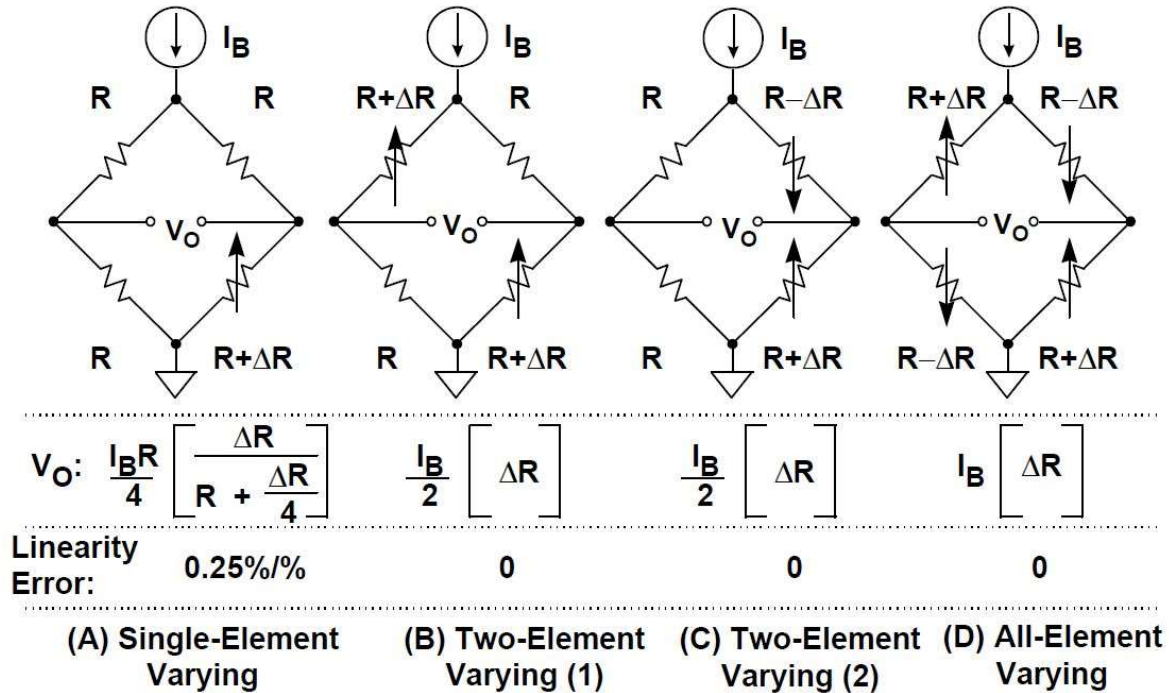


Електронни устройства за измерване и управление

- Захранване с ток;

Сравнение между двата вида захранване;

Коментар за линейността на сензора и на схемата за измерване;



Електронни устройства за измерване и управление

- С нееднакви резистори, свойства между U и I захранване на моста;
- Полу-мостови схеми;
- Уравновесени и неуравновесени мостови схеми, сравнение;

Бързодействие, цена, точност;

Зависимост от захранването на моста;

Статична и астатична характеристика;

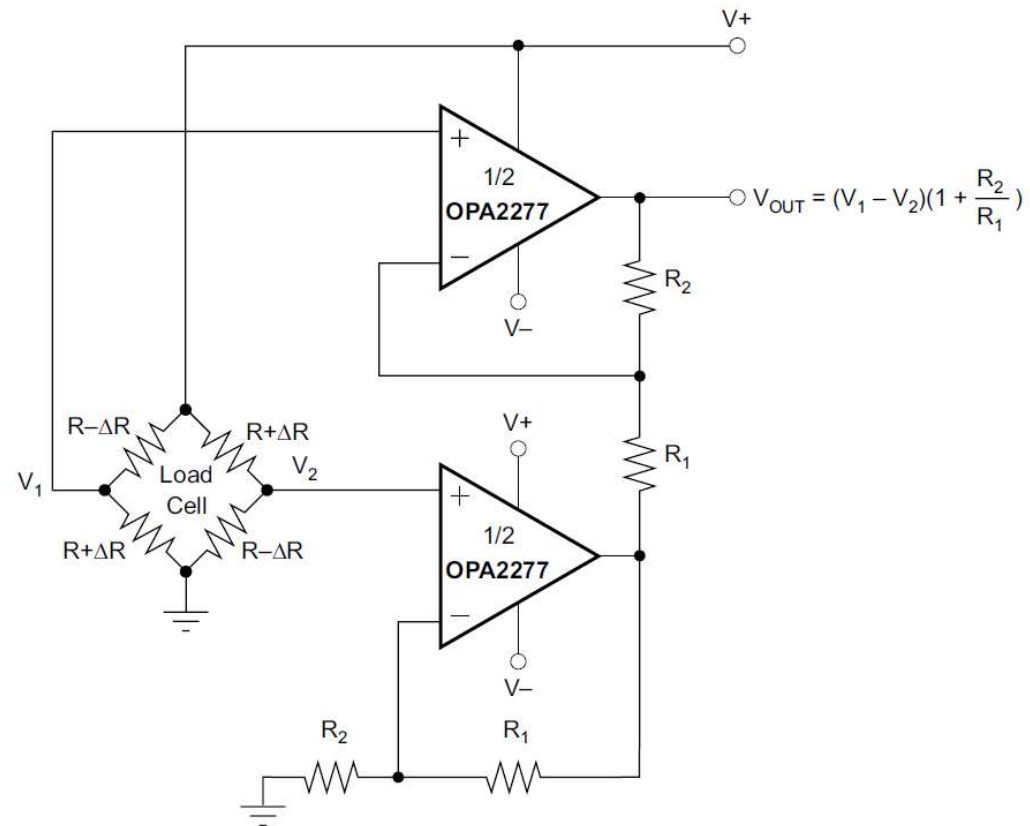
Каква е схемата от ЛУ №3?

Уравновесяващ елемент, реохорд (rheocord). Приложение;

Безреохордни схеми - цифрови потенциометри, MOS транзистори, други;

Електронни устройства за измерване и управление

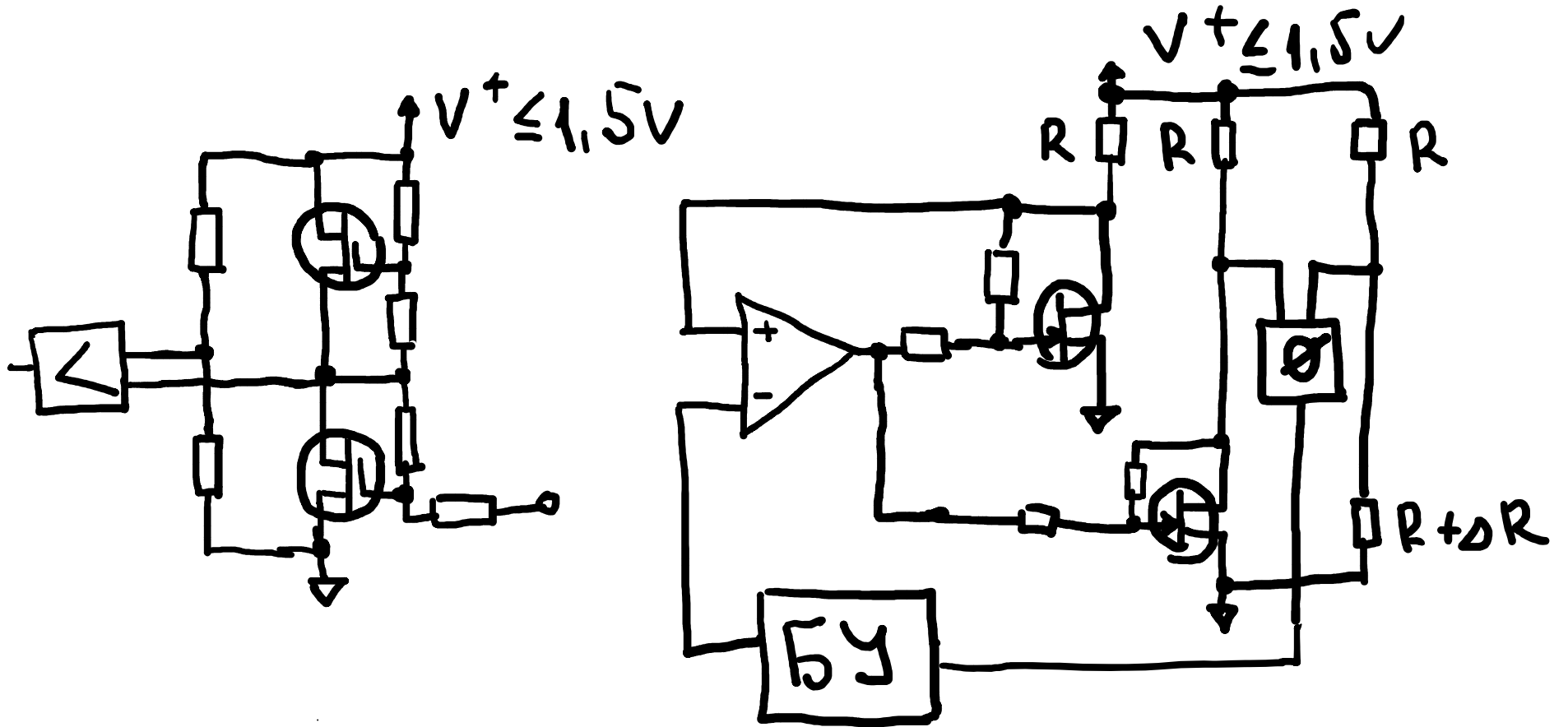
Пример за мостова схема:



For integrated solution see: INA126, INA2126 (dual)
INA125 (on-board reference)
INA122 (single-supply)

Електронни устройства за измерване и управление

Безреохордни схеми с MOS транзистори:



Електронни устройства за измерване и управление

- Постояннотокови и променливотокови мостови схеми;

Сравнение. Особености на променливотоковите. Примери;

При работа с променливотоково захранване има някои основни изисквания. Преди всичко трябва да се има предвид, че всички елементи имат активна и реактивна съставка. Елементите съставлящи моста не са напълно еднакви и обикновено има нужда от настройка, уеднаквяване на елементите, „нулиране“ на моста. За разлика от постояннотоковите при променливотоковите това трябва да се прави и по двете съставки – по активната и по реактивната. В практиката това се нарича “R-C баланс”. Индуктивната и капацитивната съставка се компенсират с кондензатор - ефектът от капацитет в едното рамо се проявява като индуктивност в противоположното.

R-C баланс – уравнивяване по активна и реактивна съставка. С капацитет може да се балансира индуктивност, а с индуктивност – капацитет;

Електронни устройства за измерване и управление

За разликата от постояннотоковото захранване, което се характеризира само с амплитуда, променливотоковото има и честота, фаза, хармоничен състав (форма). Това означава, че е значително по-трудно да се направи генератор със стабилни параметри който да захранва моста.

Използването на един и същ източник на напрежение за U_{ref} на АЦП и за захранване на моста, с което да се компенсира нестабилността на това напрежение, което често се ползва при постоянен ток, тук е неприложимо.

Трудностите се отнасят и за всички останали стъпала в едно устройство работещо с мост захранван с променлив ток – предусилвател, детектор, формировател, усилвател и т.н. Общото изискване е тези стъпала да имат стабилна амплитудно-честотна и фазова характеристика, да не внасят нелинейни изкривявания.

Електронни устройства за измерване и управление

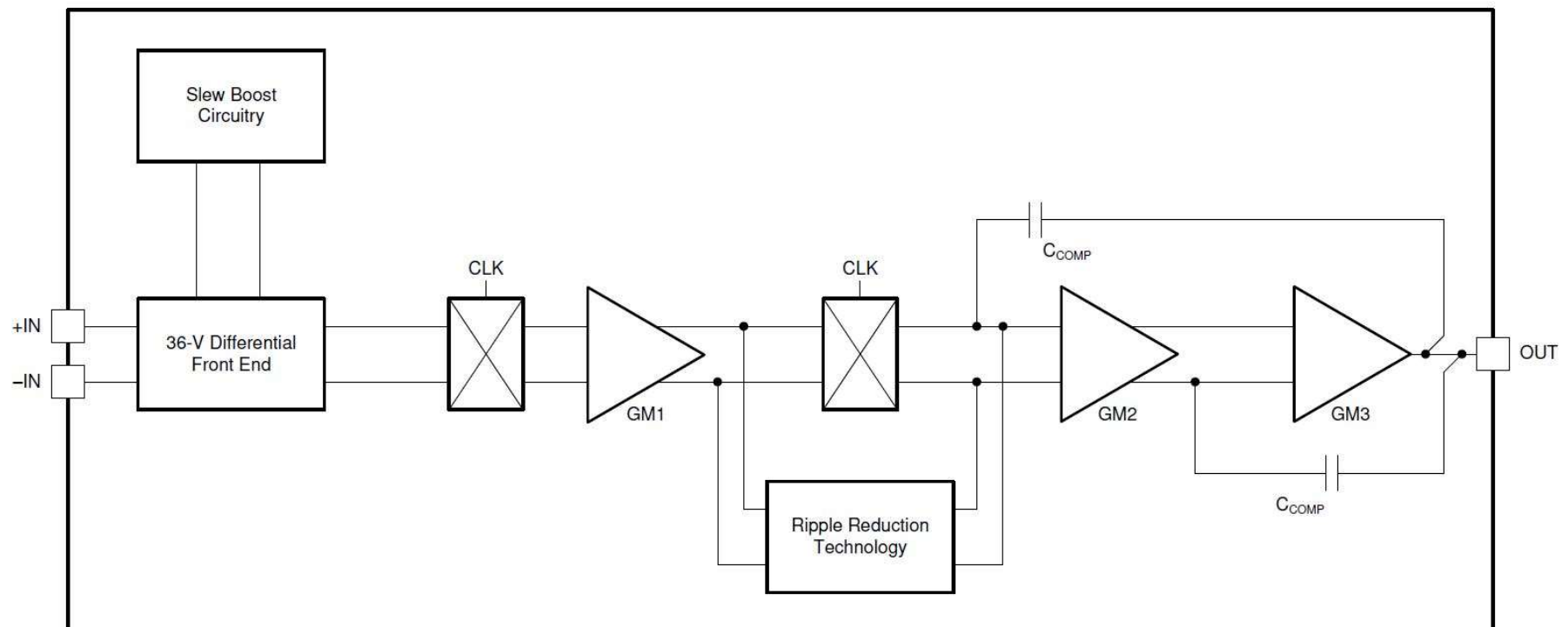
Това са трудни за изпълнение изисквания, особено за мощни стъпала. В някои устройства тези изисквания се “заобикалят”. Прави се така, че стъпалата с активни елементи да работят около една и съща точка на характеристиката си – тази при която е извършена настройката на уреда.

Уредите за работа с променливотокови сензори (L и C) са прецизни (скъпи) уреди. Те може да се ползват и за работа с чисто активни сензори (R). В инженерната практика тези уреди се наричат „Мост“ – например „Мост за индуктивни датчици“.

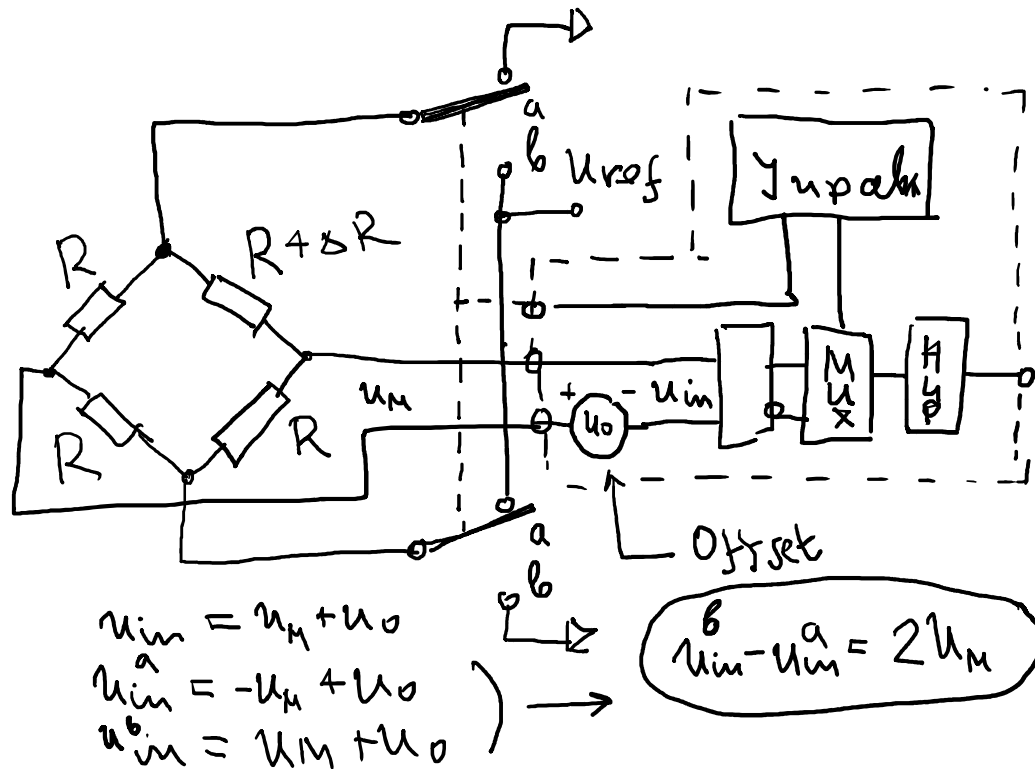
Предимство (почти единствено) при работа със захранване с променлив ток е, че не се проявява напрежението на несиметрия (Offset) на операционните усилватели. Често ОУ с много малък Offset са всъщност променливотокови усилватели. На входа им постоянното напрежение се преобразува в променливо, усилва се и след това се изправя. Наричат се МДМ усилватели (Chopper).

Електронни устройства за измерване и управление

За компенсация на напрежението на несиметрия в някои интегрални схеми за работа с мостови схеми с активни съпротивления се прилага смесен подход – захранването е постояннотоково, но с ниска честота се сменя полярността му или се разменят входовете на усилвателя (opa2182.pdf, sboa182b.pdf, pga308.pdf, UTI_datasheet.pdf).



Електронни устройства за измерване и управление

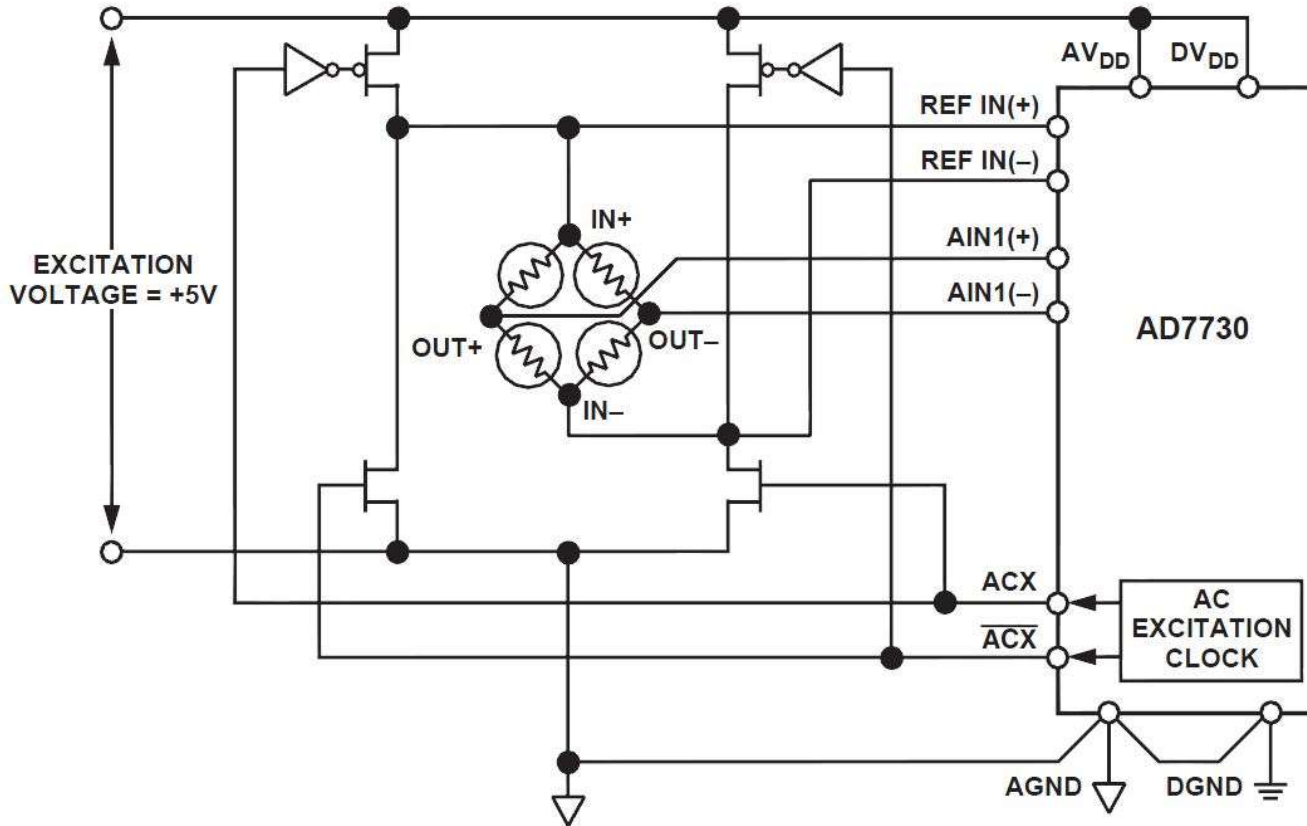


Ако захранваме моста с U_{ref} на АЦП и сменяме полярността му, то и поляритетът на напрежението U_M ще се сменя. Към U_M , на входа ще се добавя U_0 - напрежението на несиметрия. Ако извадим резултатите за всяка полярност U_0 се компенсира.

Същият резултат се получава, ако се разменят двата входа на схемата.

Как с АЦП се мери променливотоков сигнал?

Електронни устройства за измерване и управление



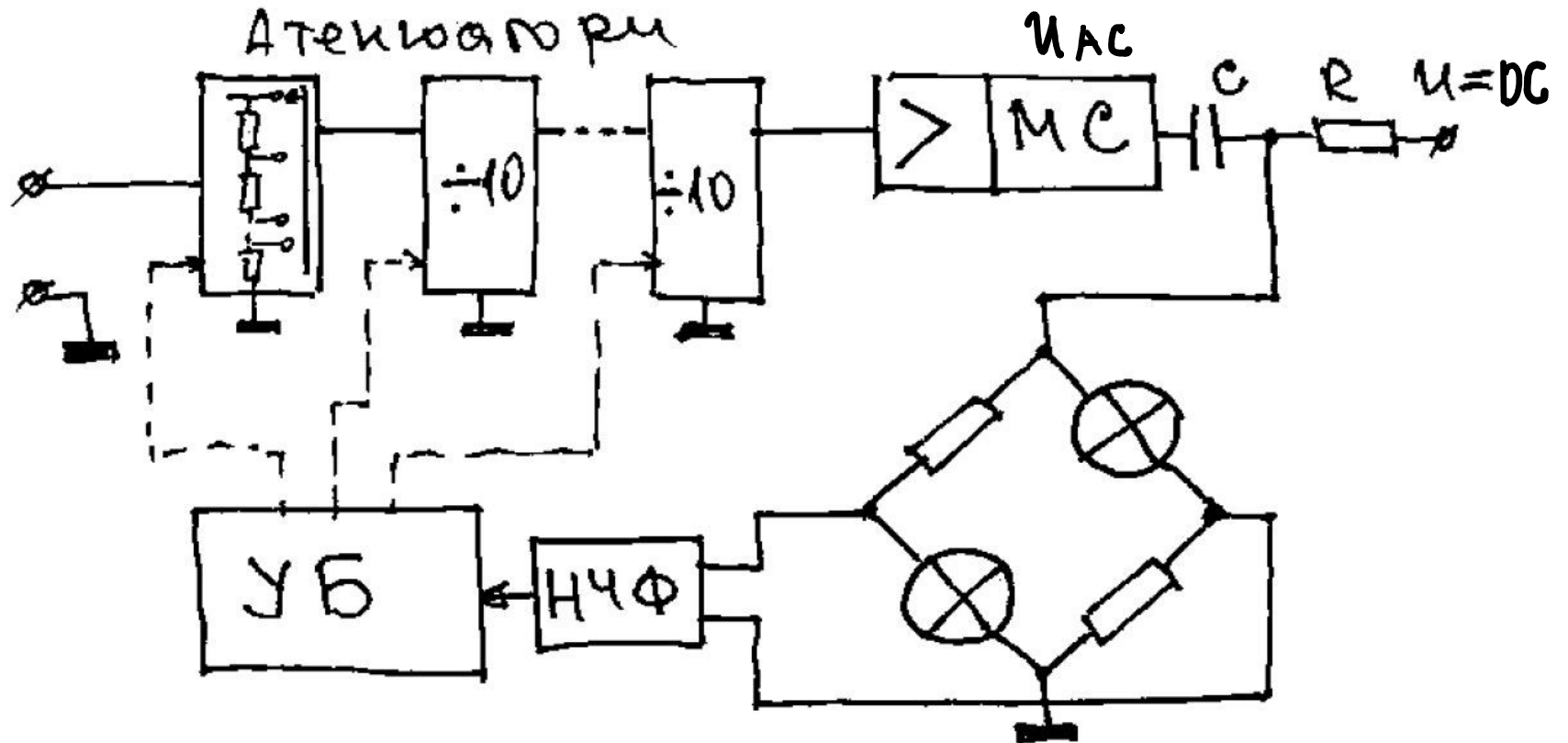
Примерът показва този принцип приложен в една съвременна интегрална схема - AD7730.

Захранващото напрежение се сменя с външни ключове но се управлява от схемата.

Как с АЦП се мери променливотоков сигнал?

Електронни устройства за измерване и управление

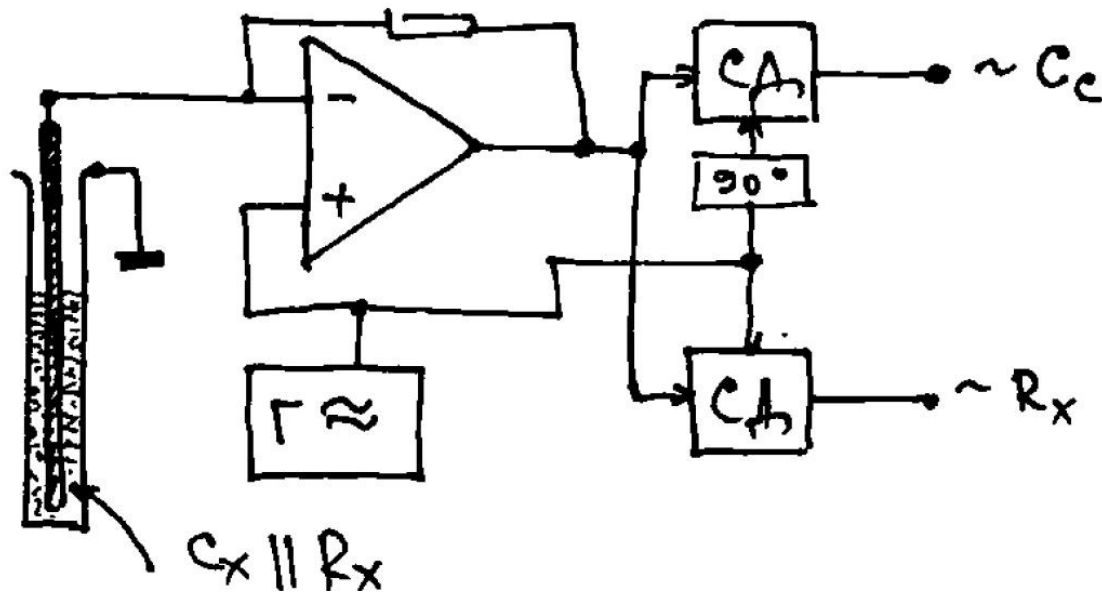
- Променливотокови мостови схеми. Примери.



Мостът се балансира от ефективната стойност (True-RMS) на входния сигнал!

Електронни устройства за измерване и управление

- Променливотокови мостови схеми. Примери.



С тази схема се измерват отделно активната от реактивната съставка.

Измерва водата в резервоар или басейн. Капацитетът C_x показва нивото на водата, а R_x – чистотата.

Двете съставки се разделят като се ползват фазови (синхронни) детектори.

Този за реактивната съставка се управлява с дефазиран на 90° сигнал.

Електронни устройства за измерване и управление

- Предимства и недостатъци на мостовите схеми:

Изходният сигнал е пропорционален на ΔR (не на $\Delta R + R$);

Може да се избере полярността на сигнала;

Потискане на синфазните смущения - 50Hz, но и от температурата и др. влияния;

Проста компенсация на грешките от свързващите проводници.

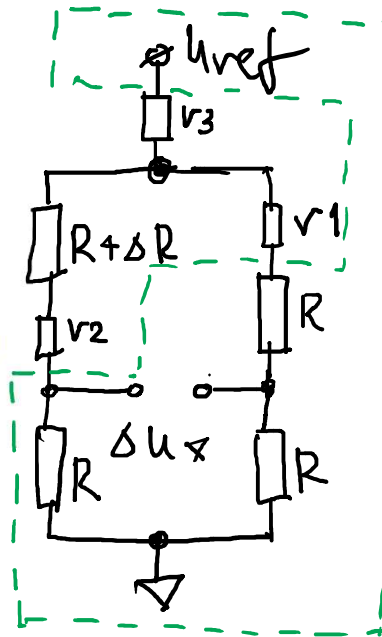
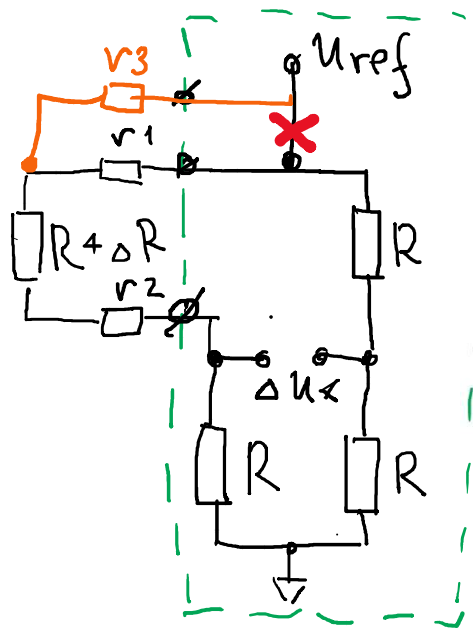
Усложняване на схемата;

Намаляване на чувствителността;

Внасяне (евентуално) на грешки от допълнителните елементи.

Електронни устройства за измерване и управление

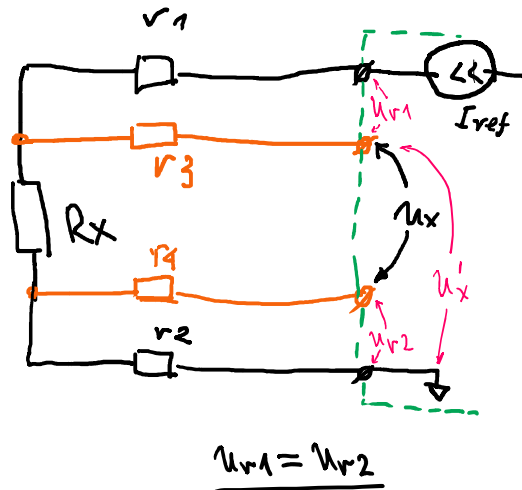
- Компенсация на свързващите проводници:
 - Отнася се както за мостови схеми, така и за единични сензори;
 - Кога се прилага? Съпротивлението на свързващите проводници – $0 \div 50\Omega$;
 - Какъв е принципът на работа?



- Съпротивлението r_1 и r_2 на свързващите проводници се „пренася“ в двете съседни рамена на моста. Така в голяма степен се компенсирва влиянието на r_1 , r_2 върху точността. Появява се, обаче, съпротивление r_3 !

Електронни устройства за измерване и управление

- Има 2, 3, 4, 5 и 6-проводно свързване.



На фигурата е показано свързването на сензор R_x към чието съпротивление се добавя и това на свързващите проводници r_1 и r_2 . С допълнителните проводници „преместваме“ входа на волтметъра при самия R_x . Поради високото входно съпротивление на волтметрите съпротивленията r_3 и r_4 не влияят на измерването.

Ако се приеме, че r_1 и r_2 са равни може да се спести единият проводник (r_4) и U_x да се изчисли като от U_x' се извади U_{r1} . Така се получава три-проводна схема. При масово прилагане може да се спестят 25% от проводници.

Електронни устройства за измерване и управление

- **Теми за тестови въпроси:**

- Примери с L, R, C и др. сензори, изчисления, съгласуване на обхвата?
- Мостови схеми, видове. Изходно напрежение;
- Сравнения м/у различните мостови схеми – уравновесени и неуравновесени, постояннотокови и променливотокови и т.н.;
- Уравновесени схеми, статична и астатична х-ка. Реохордни и безреохордни мостови схеми. Компенсиране на измененията в захранването на моста;;
- Особености на променливотоковите мостови схеми;
- R-C баланс, фазови детектори;
- Намаляване на влиянието на напрежението на несиметрия;
- Примери за променливотокови мостови схеми;
- Две, три, четири проводно свързване;