



1. UVOD

Zakaj meriti?

- Zato, da dobimo **objektiven** in **ponovljiv** podatek o:
 - **velikosti**, množini, jakosti fizikalnih veličin:
 - dolžina, čas, napetost, tok, moč itn.
- Izmerjena vrednost naj bo zadosti **blizu resnične – prave vrednosti**

Pri merjenju primerjamo neznano veličino z objektivnim merilom (**mero**).

- Pri **ocenjevanju** pa s podatkom v spominu (izkušnje).





Čemu meriti?

- **Zakonov narave ni moč odkriti brez sredstev za detekcijo in merjenje fizikalnih veličin.**
- **Znanstvene teorije niso sprejemljive brez zadržka, dokler niso potrjene z meritvami.**
- **Avtomatizacije proizvodnih in drugih procesov si ni moč zamisliti brez merenj.**
- **S pomočjo merenj se more človek dokopati do znanja in spoznanja ter se dvigniti na raven, kjer lahko postavlja vprašanja.**
- **Izmenjava dobrin (trgovina) lahko poteka šele po poenotenju mer.**





Kako meriti?

- Grobe **delne rezultate meritev** ponavadi dobimo z merilno opremo oz. **merilno instrumentacijo** – govorim o **posrednem merjenju**.

Upoštevati je potrebno:

- razpoložljivo opremo,
- zahtevano točnost,
- znanje izvajalcev meritev,
- potreben čas,
- vrsto merjene veličine,
- pogoje merjenj,
- ali je merjena veličina stalna ali se s časom spreminja itn.

Inženir ima več dela z meritvami še preden priključi instrument





1.1 Temeljni pojmi merilne tehnike

Osnovna shema merjenja

Merjenje je postopek, pri katerem **primerjamo neznano vrednost** neke fizikalne veličine **z znano količino** istovrstne veličine (**enoto**) – **neposredno merjenje**.

$$I = 6 \text{ A}$$

I - efektivna **vrednost** električnega toka,
• i - trenutna vrednost, \hat{i} - temenska vrednost
 \bar{I} - srednja vrednost itn.

6 - **številska vrednost**,

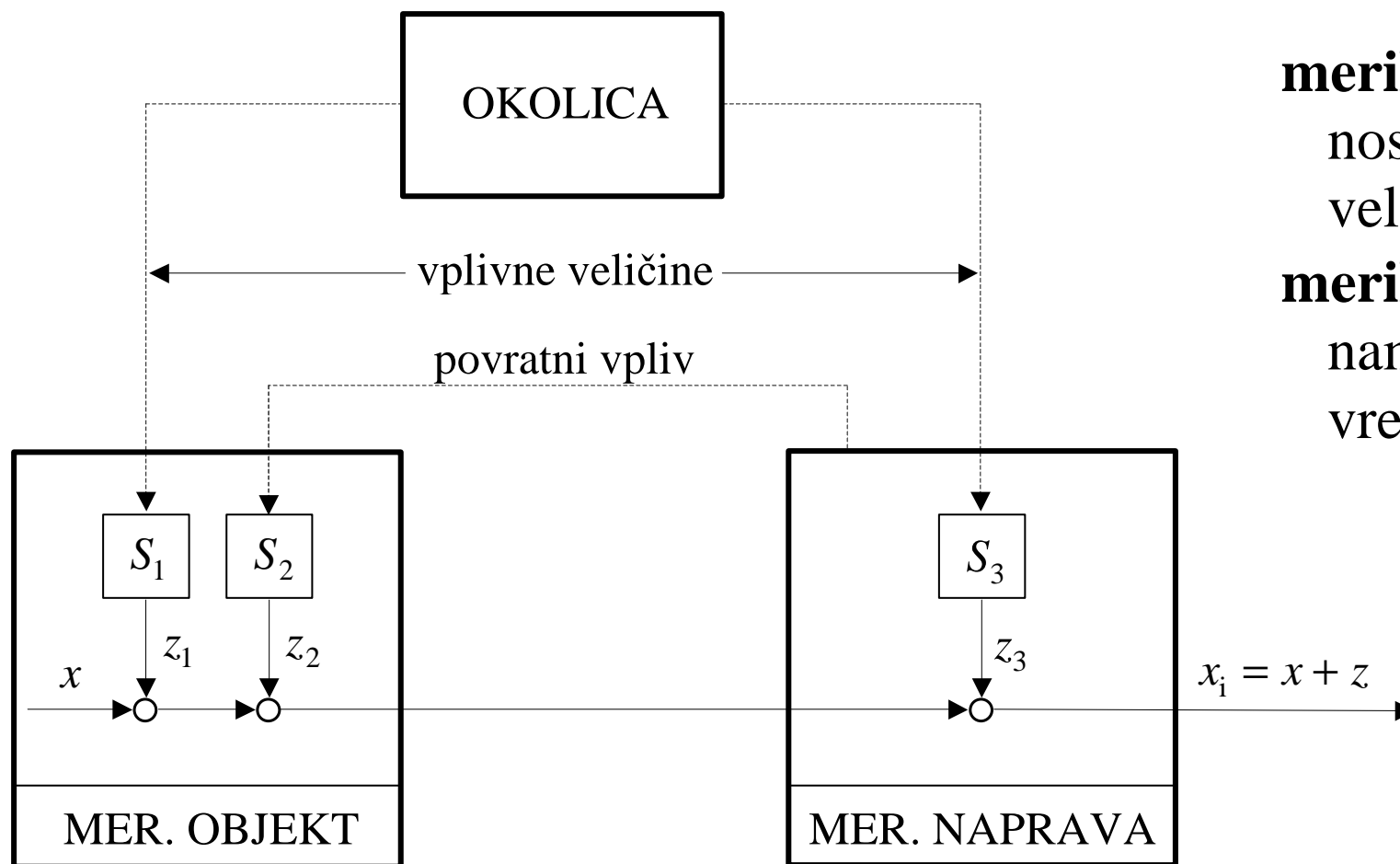
A(amper) - **enota** za električni tok.

Izmerjena vrednost je eden od **parametrov** neke fiz. veličine.





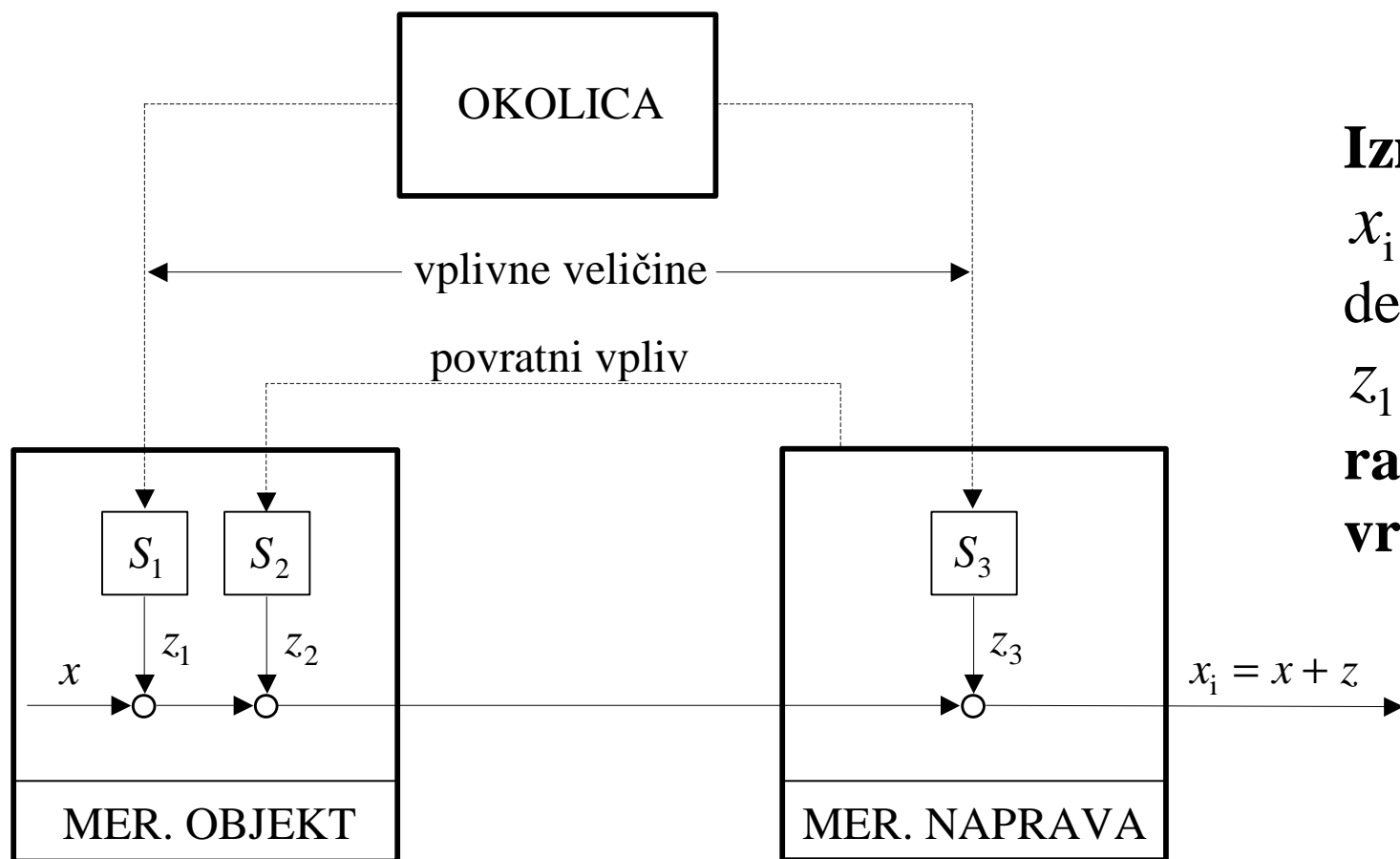
Izmerjena vrednost se razlikuje od dogovorjene prave vrednosti.



merilni objekt – nosilec merjene veličine,
merilna naprava – nam daje izmerjeno vrednost.

Slika 1.1 Osnovna shema merjenja





Izmerjena vrednost
 x_i se za vsoto treh
delnih motenj
 $z_1 + z_2 + z_3$
razlikuje od prave
vrednosti.

Slika 1.1 Osnovna shema merjenja

S_1 - občutljivost merilnega objekta na vplivne veličine,

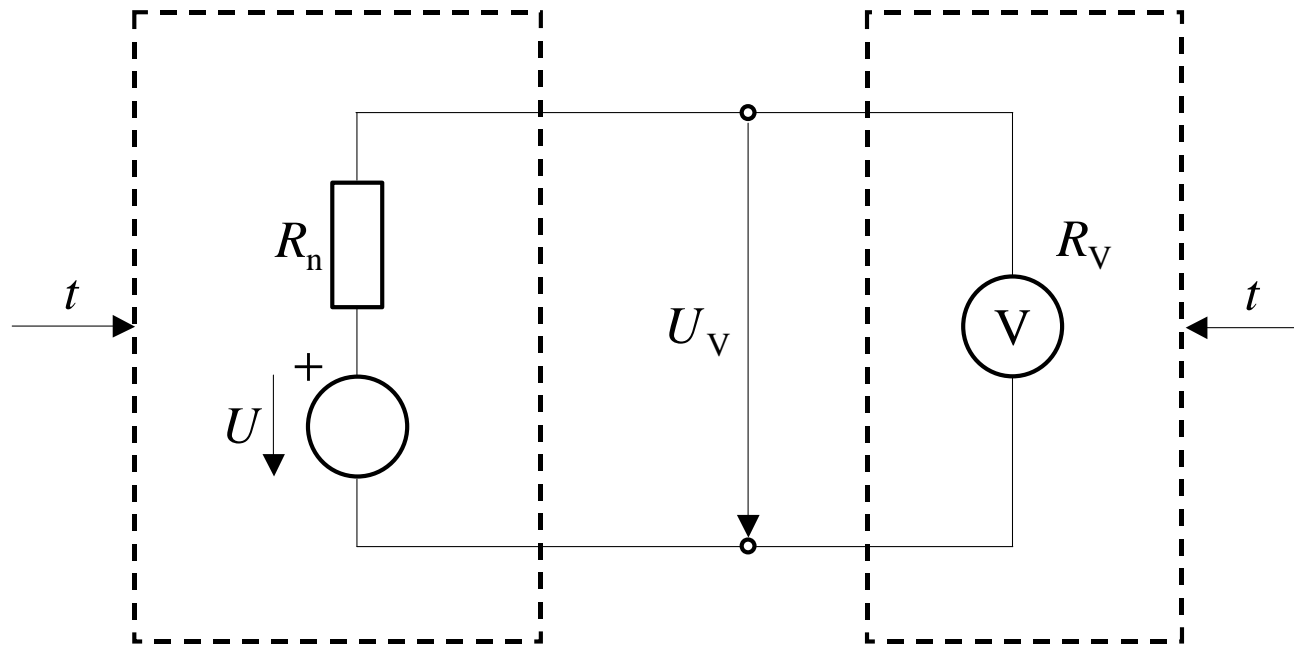
S_2 - povratni vpliv na priključitev merilne naprave,

S_3 - občutljivost merilne naprave na vplivne veličine.





Primer:



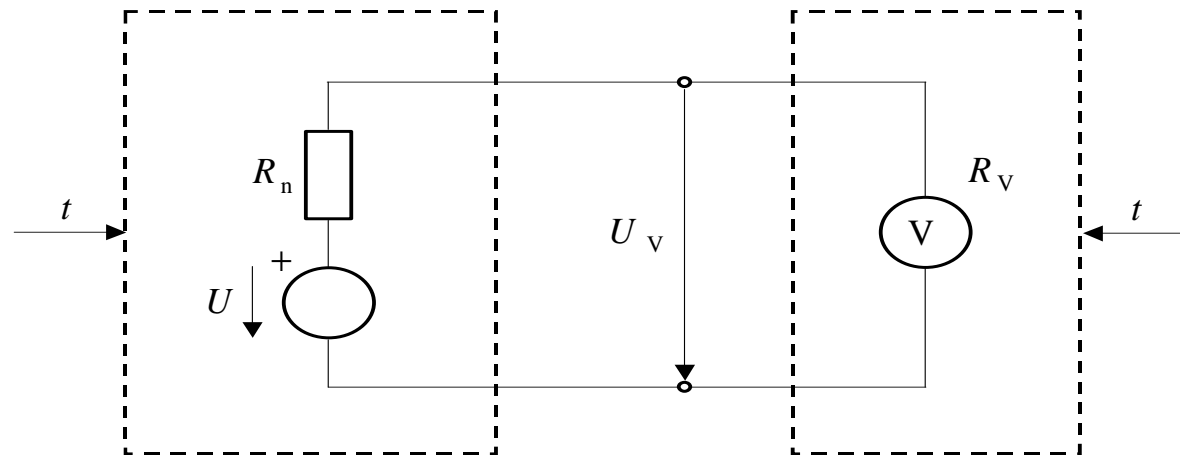
- Lastna napetost U galvanskega člena se s temperaturo t spremeni (S_1, z_1)
- Ko priključimo voltmetr, steče tok, ki povzroči padec napetosti na notranji upornosti R_n (S_2, z_2) ,
- Voltmetru s povišanjem temperature naraste upornost R_V (S_3, z_3) .

Slika 1.2 Merjenje napetosti in pogrešek zaradi priključitve voltmetra

Razliko med izmerjeno vrednostjo in pravo vrednostjo imenujemo **merilni pogrešek**.

- Zelo zahtevna analiza vplivov na merilni rezultat!!





Kolikšen je pogrešek zaradi priključitve?

- izmerjena vrednost: $U_i = U_V = U \frac{R_V}{R_V + R_n}$
- 'prava' vrednost: $U = U_i \frac{R_V + R_n}{R_V} = U_i + U_i \frac{R_n}{R_V}$
- pogrešek (absolutna vrednost): $U_i - U = -U_i \frac{R_n}{R_V}$
- relativna vrednost: $\frac{U_i - U}{U} = \frac{-U_i R_n / R_V}{U_i (R_V + R_n) / R_V} = -\frac{1}{1 + R_V / R_n}$





Vseh učinkov vplivnih veličin se ne da ugotoviti.

- Vedno ostane pogrešek, katerega **predznak je nedoločen.**

Za izmerjeno vrednost zapišemo **merilni rezultat** (iz **enega odčitka** z instrumenta, ali iz **aritmetične sredine** izmerjenih vrednosti, ali **posredno** iz neposredno merjenih veličin, ...)

- Popolni **merilni rezultat ni ena sama vrednost**, temveč **območje vrednosti!!**

ali drugače:

- odstopanje navzgor oz. navzdol od izmerjene vrednosti imenujemo **merilna negotovost.**





Primer:

- izmerjena vrednost: $R = 123,4\Omega$
- **popolni merilni rezultat v absolutni obliki:**

$$R = 123,4\Omega \pm 0,5\Omega$$

- **popolni merilni rezultat v relativni obliki:**

$$R = 123,4(1 \pm 4 \cdot 10^{-3})\Omega$$

- **okoliščine**, v katerih je potekalo merjenje:
 - podatki o temperaturi, vlagi, številu izmerjenih vrednosti, ..





Merilne metode

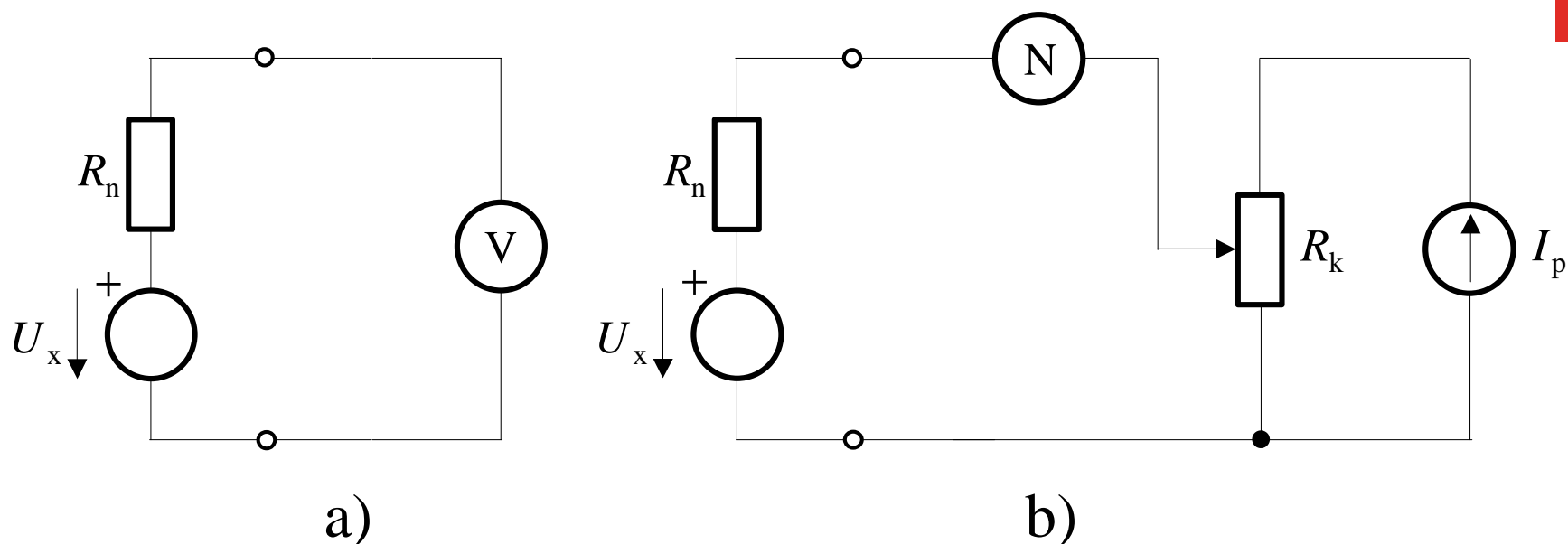
Poznamo dve bistveno različni metodi:

- **odklonsko**, pri kateri je odklon (ali kazanje) instrumenta osnova za določitev vrednosti merjene veličine;
- **ničelno**, ko instrument kaže nič oziroma nima odklona in določimo vrednost merjene veličine na podlagi drugih, znanih pogojev merilnega vezja

Obe metodi lahko nadalje delimo še na:

- **navadne,**
- **primerjalne,**
- **zamenjalne,**
- **diferenčne,**
- **in posebne.**

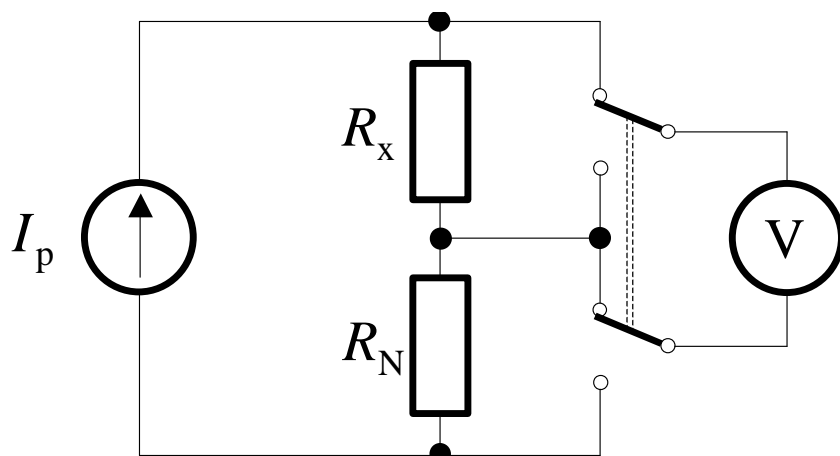




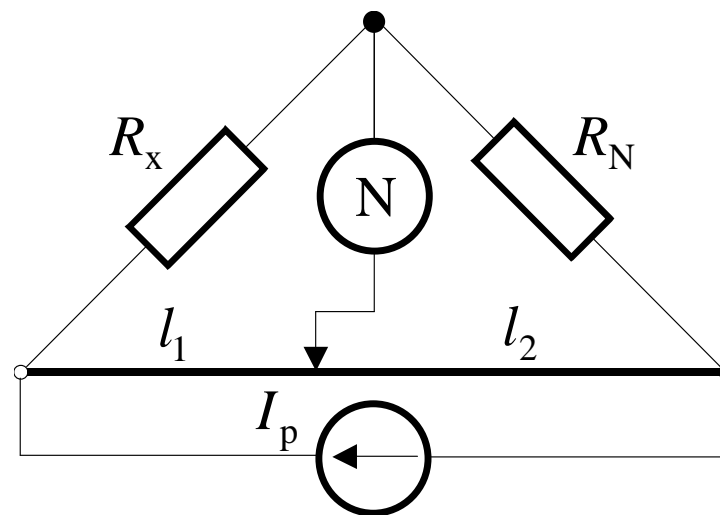
Slika 1.3 **Navadna** odklonska in ničelna metoda

- odklonska metoda je hitrejša od ničelne;
- ničelna metoda je bolj točna;
- pri ničelni metodi je večja poraba instrumentarija;
- pri ničelni metodi mora biti ničelni indikator zelo občutljiv
- tokovi in napetosti morajo biti stabilni.





a)



b)

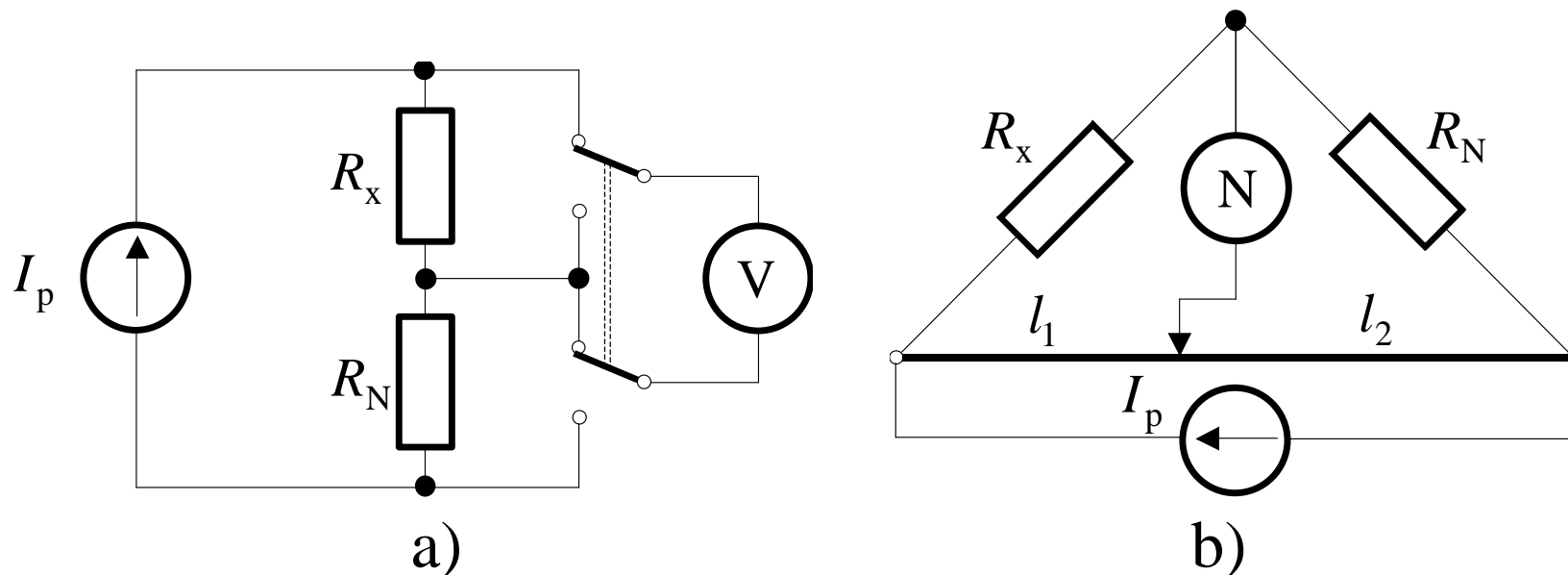
Slika 1.4 **Primerjalna** odklonska in ničelna merilna metoda

Primerjalna odklonska metoda:

- med seboj primerjamo napetost na neznanem uporu z napetostjo na znanem (tok mora biti **konstanten!**):

$$R_x = R_N \frac{U_x}{U_N} \quad \Leftrightarrow \quad I_p = \text{konst.} = \frac{U_x}{R_x} = \frac{U_N}{R_N}$$



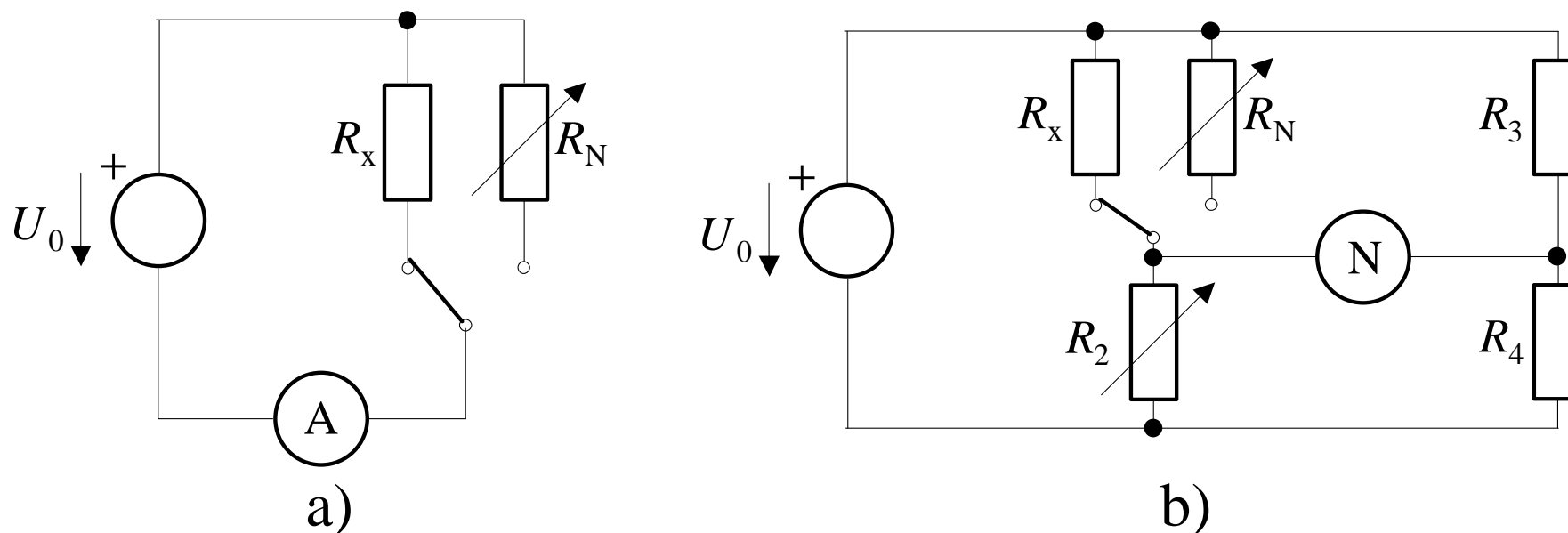


Slika 1.4 **Primerjalna** odklonska in ničelna merilna metoda

Primerjalna ničelna metoda:

- mostiček moramo s premikanjem drsnika po uporovni žici najprej uravnovesiti (tok ni nujno, da je stalen!):
$$R_x = R_N \frac{l_1}{l_2}$$





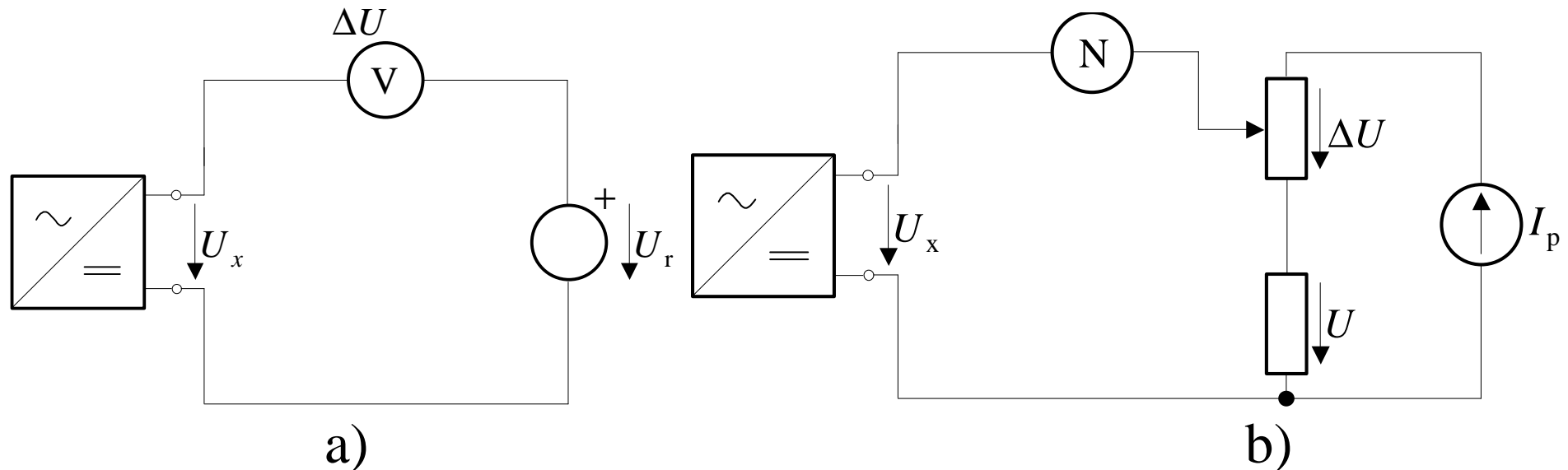
Slika 1.5 Zamenjalna odklonska in ničelna metoda

Zamenjalna (substitucijska) metoda:

- vrednost iskane veličine ugotovimo tako, da **vzpostavimo** v merilnem vezju **dvakrat enake pogoje**:
 - **prvič** je vključen **neznani** upor (merjenec);
 - **drugič** je vključen **znani** in **spremenljivi** upor -referenca

Točnost ampermetra ni pomembna.





Slika 1.6 Diferenčna odklonska in ničelna metoda

Diferenčna metoda:

- kadar nas zanima **spremeba** fizikalne veličine:
 - razlike med neznano vrednostjo in referenčno vrednostjo **ni potrebno meriti zelo točno**, kadar je **razlika majhna!**





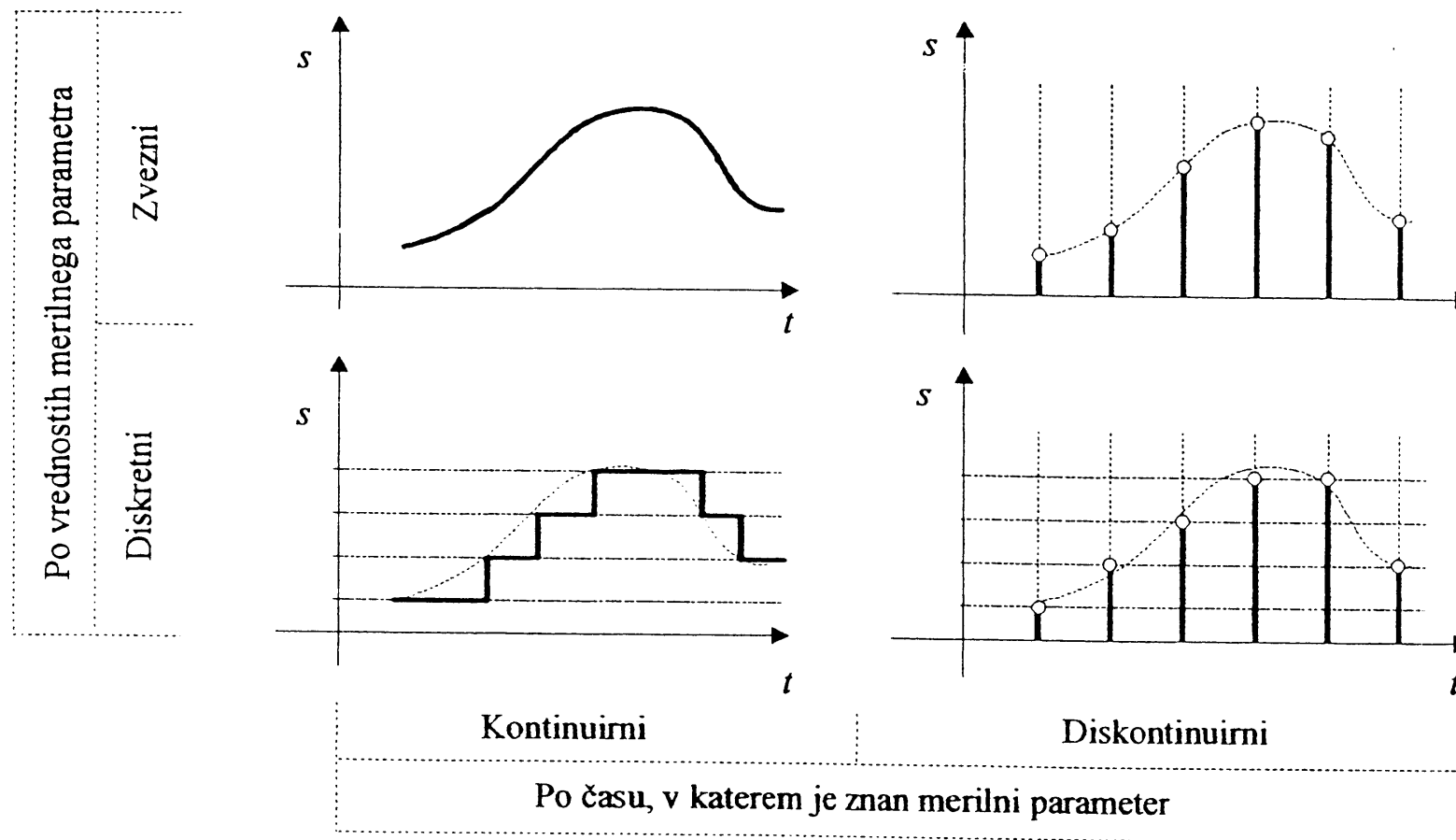
Merilni postopek

- Ločimo **analogni** in **digitalni** merilni postopek
 - Če se fizikalne veličine **spreminjajo zvezno** – pri majhni spremembi časa se tudi veličina malo spremeni – imamo opravka z **analognim** postopkom.
 - Če prave vrednosti ne pripadajo **realnim številom** temveč naravnim (npr. štetje) in to v **diskretnih časovnih trenutkih** – imamo opravka z **digitalnim** postopkom.





Nosilec informacije je **merilni signal** – časovni potek fizikalne veličine, ki odslikava merjeno veličino.



Slika 1.8 Štiri osnovne vrste merilnih signalov

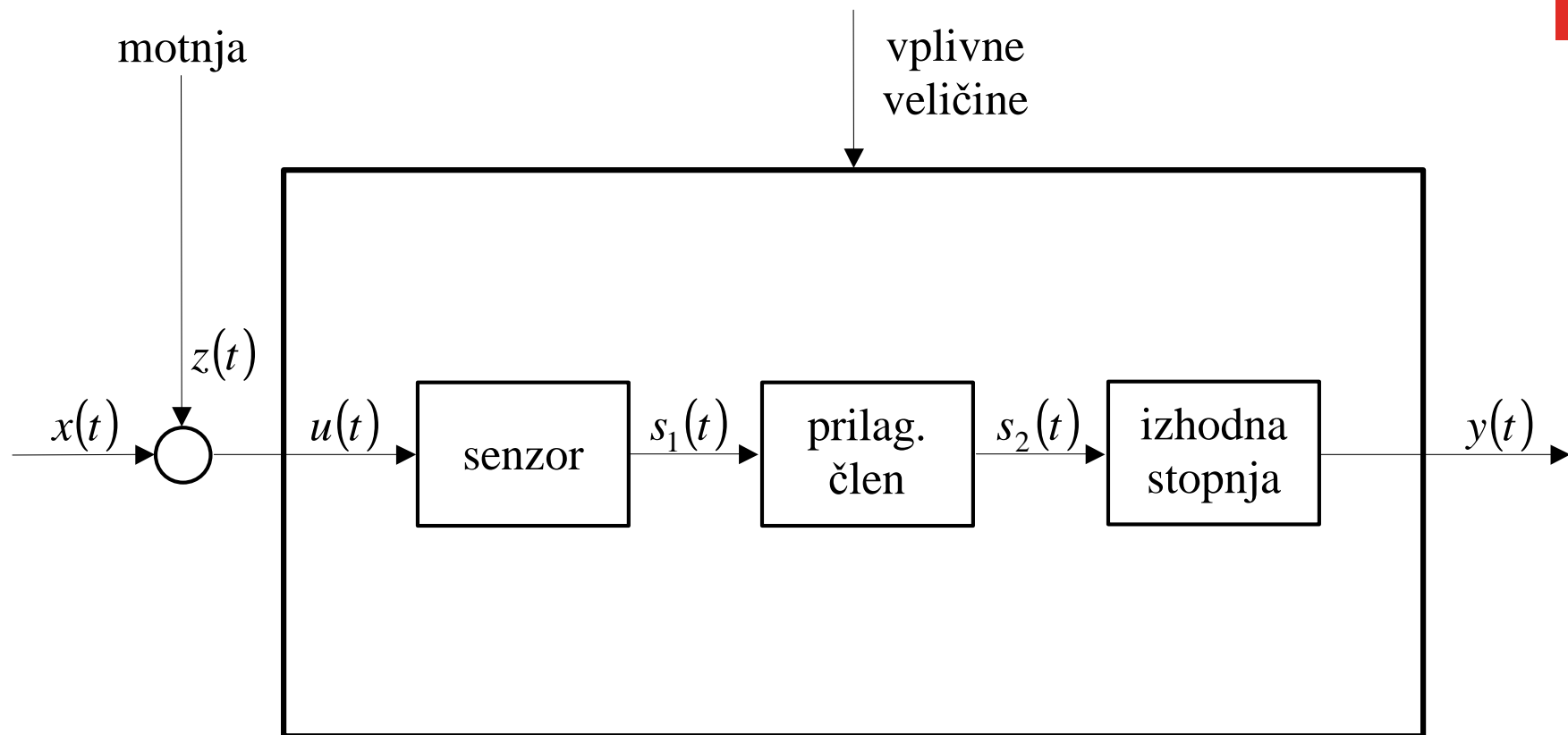




Tabela 1.1 Primerjava analognega in digitalnega postopka

	analogni merilni postopek	digitalni merilni postopek
povprečna ločljivost pri kazanju	10^{-3}	$< 10^{-3}$
povprečni merilni pogrešek	$\approx 1\%$	$\approx 0,1\%$
uporabnost merilnega območja	$\approx 10 : 1$	$\approx 1000 : 1$
mejna frekvenca	višja	nižja
razpoznavanje mejnih vrednosti	dobro	slabo
razpoznavanje časovnih sprememb	dobro	slabo
občutljivost na motnje pri prenosu podatkov	velika	zanemarljiva
možnost računanja in obdelave podatkov	zanemarljiva	velika
prenos podatkov v računalnik	po pretvorbi	neposredno
vklučitev v avtomatski merilni sistem	nerodna	lahka



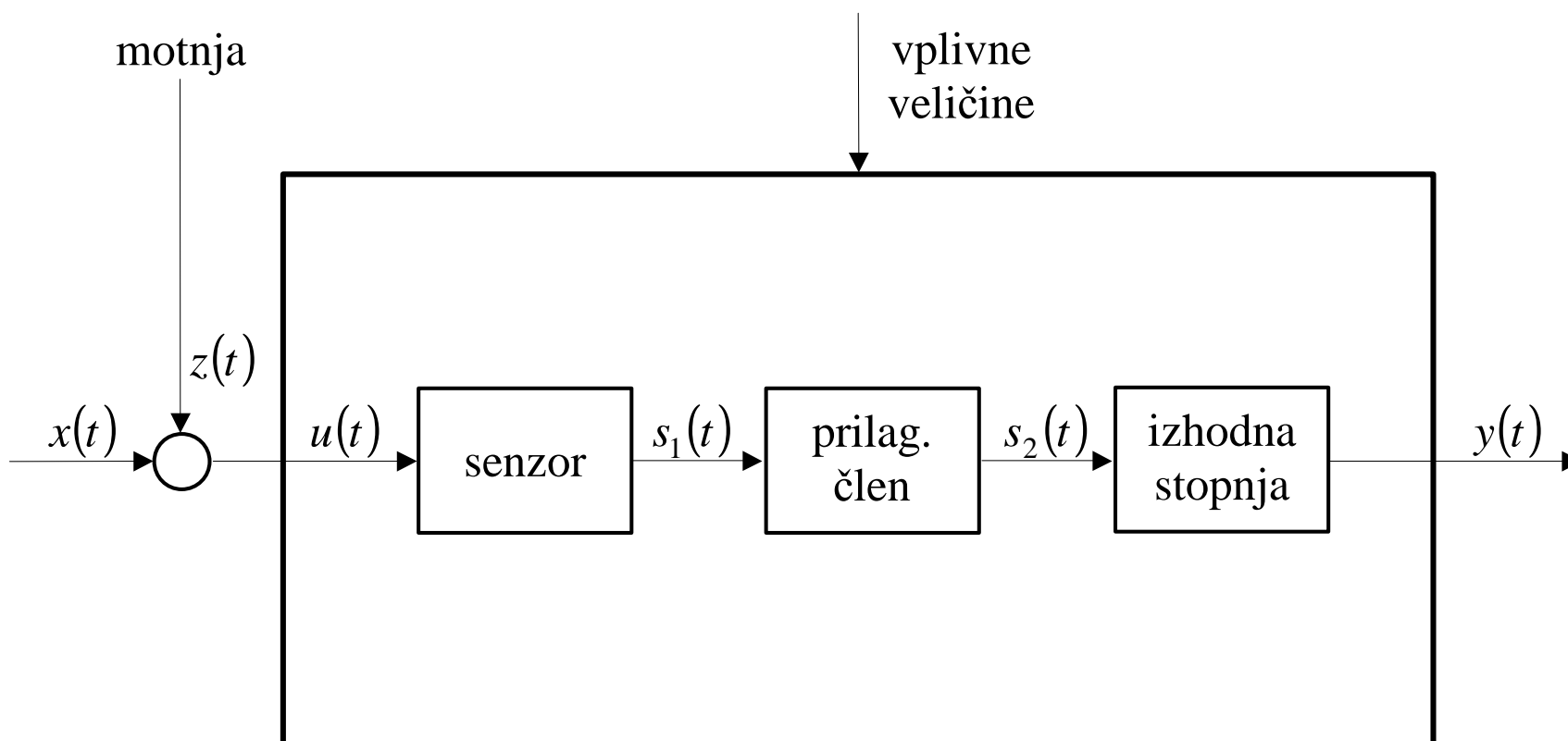


Slika 1.7 Blokovna shema **merilne naprave**

Trije poglavitni **merilni členi**:

- **Senzor** (zaznavalo), ki zaznava merjeno veličino,
- **Prilagoditveni člen** (ojačenje, slabljenje, preoblikovanje,...),
- **Izhodna stopnja** (informacija postane zaznavna našim čutilom, za prenos,.





Merilni signal:

- vhodna veličina,
- vmesne veličine,
- izhodna veličina.
- napetost,
- tok,
- upornost,
- kapacitivnost,
- električno polje, ...

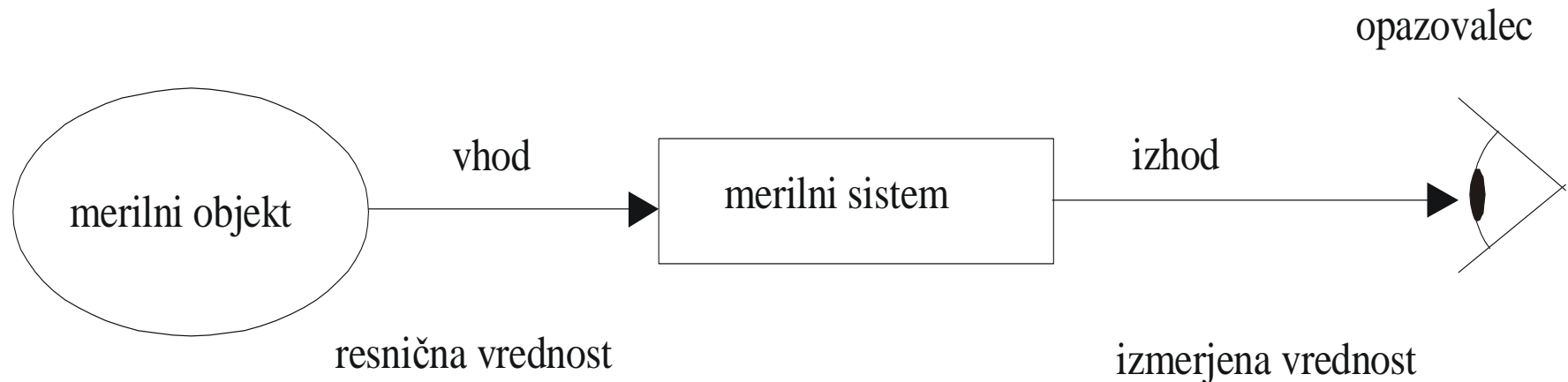
Informacijski parameter:

- frekvenca,
- amplituda,
- fazni kot,
- srednja vrednost, ..





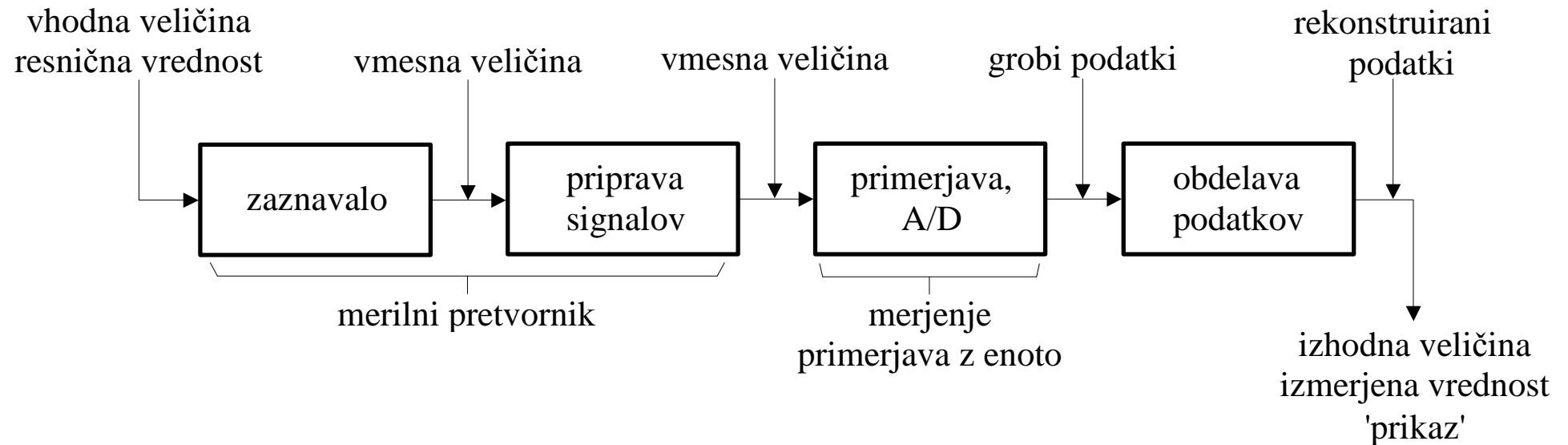
Merilni sistem



Slika 1.7a Vloga merilnega sistema pri merjenju (klasični pogled)

Fizikalno veličino merilnega objekta privedemo na vhod merilnega sistema, nakar ta izmeri veličino in na izhodu poda **izmerjeno vrednost**, ki se **razlikuje od resnične vrednosti**.

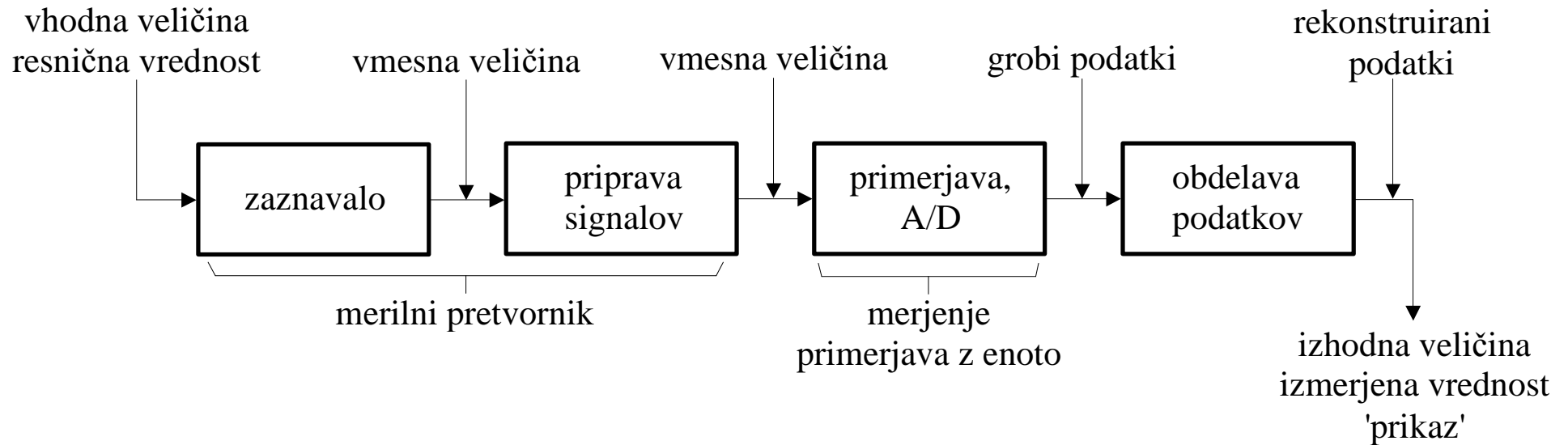




Slika 1.7b Zgradba merilnega sistema

Vhodni signal vstopa v **merilni pretvornik**, ki je sestavljen iz **zaznavala** (tudi tipalo, čutilo ali **senzor**) in faze **priprave signalov** na obdelavo.





Vhodno veličino je potrebno pred primerjavo z enoto:

- **pretvoriti** v drugo obliko, ki jo bo lažje obdelati, na primer **napetost, tok**
 - npr.: napetost termočlena je sorazmerna temperaturi.
- **ojačiti, preoblikovati, pretvoriti** v veličino, ki je uporabna za neposredno primerjanje.





Za merilnim pretvornikom je faza **primerjanja** merjene veličine **z enoto**:

- **merjenje v ožjem smislu!**
 - izhod so **grobi podatki**, iz katerih rekonstruiramo merjeno veličino.

Za merilnim pretvornikom je faza **obdelave signalov**:

- opravi funkcijo **rekonstrukcije** in različne **matematične obdelave** (npr. računanje povprečne vrednosti, integriranje, odvajanje ipd.)
- **interpretacija** podatkov,
- **prikaz** podatkov,
- **prenos** podatkov.

