

MJERNI PRETVORNICI TEMPERATURE



Ponovimo...

- Što su mjerna osjetila (senzori) a što pretvornici? Koja je njihova uloga u regulacijskom procesu?
- Zašto se neelektrične veličine mjere i pretvaraju u električne?
- Kako smo mjerne pretvornike podijelili obzirom na izvedbu i komponente koje koriste?
- Koja je razlika između aktivnih i pasivnih pretvornika?

Toplina i temperatura

toplina $\neq$ temperatura

- temperatura – određuje toplinsko stanje
- mjerne skale:
 - **Celzijusova** °C - procesna mjerenja!
 - **Fahrenheitova** °F
 - **Kelvinova** K

$$0 \text{ K} = -273,16^{\circ}\text{C},$$

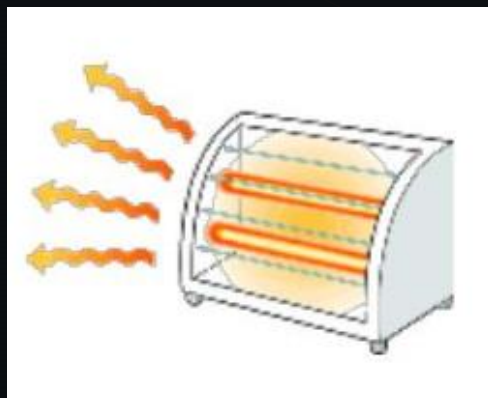
$$F = 9/5C + 32,$$

$$C = 5/9(F - 32)$$



Prijenos topline

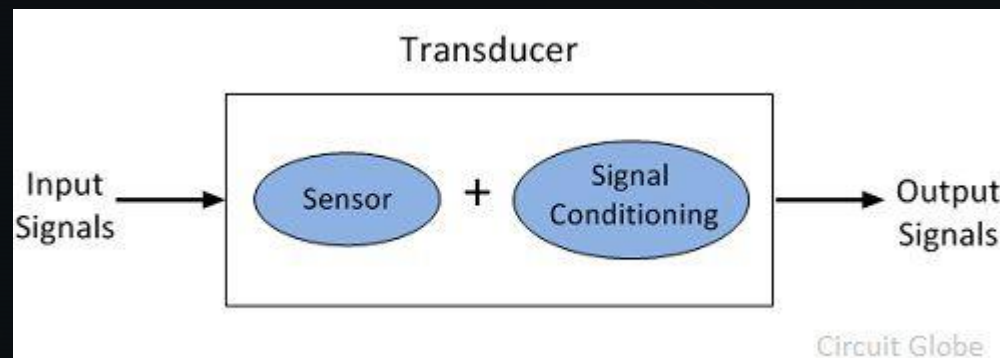
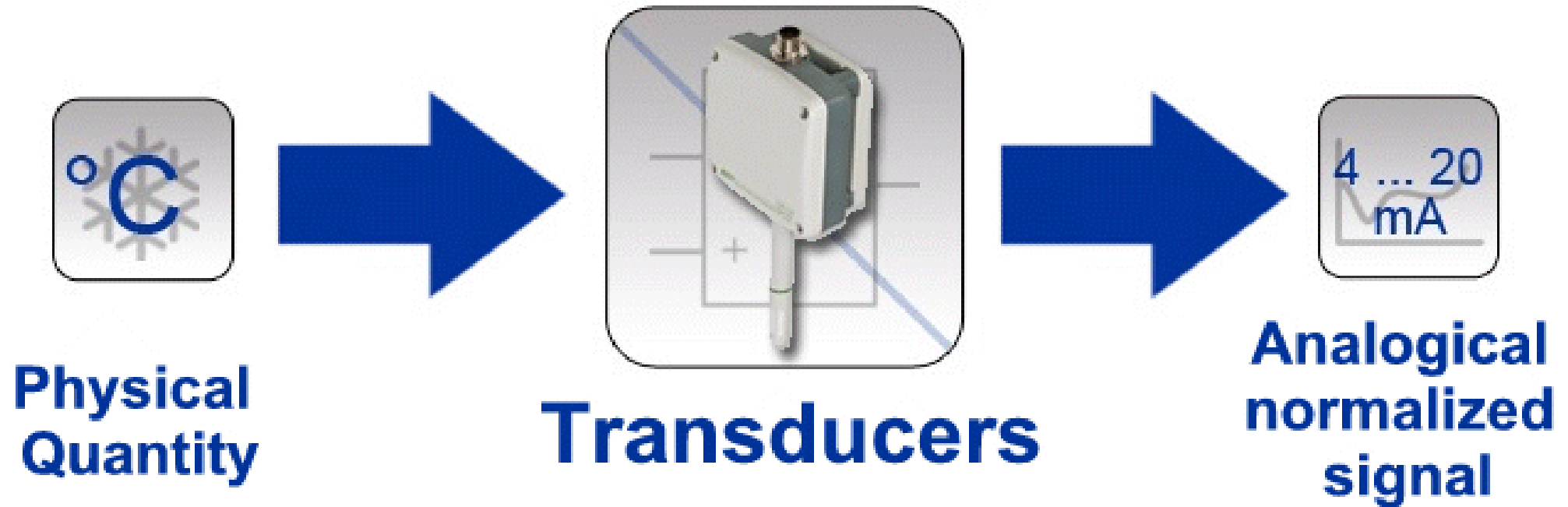
1. **Vođenjem** ili **kondukcijom**
2. **Strujanjem** ili **konvekcijom** u fluidima
3. **Zračenjem**, **isijavanjem** ili **radijacijom**



■ Zašto mjerimo temperaturu?

- najčešće mjerenje !!!
- razlozi:
 - utjecaj na druge veličine
 - sigurnost
 - regulacija i vođenje procesa

Kako mjerimo temperaturu?



Mjerne metode zasnovane na:

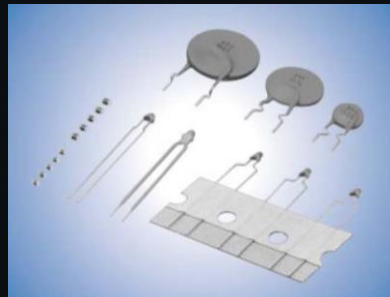
radijaciji

- pirometri



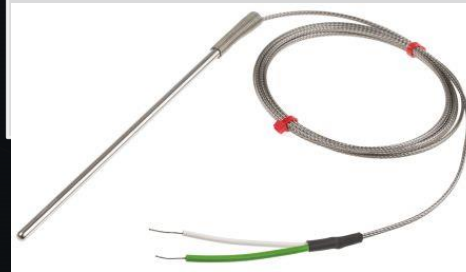
promjeni električnog otpora

- otpornički tj. RTD
- termistori



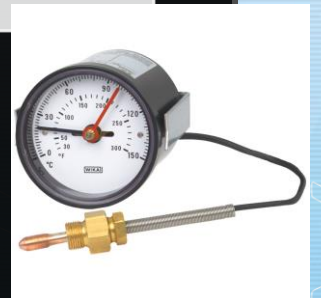
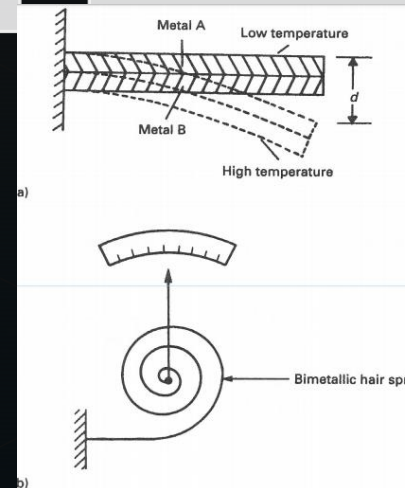
termoelektričnoj pojavi

- termopar



promjeni dimenzija

- alkoholni termometri
- bimetalni termometri



► Funkcionalne specifikacije

Vrste ulaza

Mjerni opseg / područje

Dopušteno odstupanje

Uvjeti rada

Izlazni signal

Napajanje

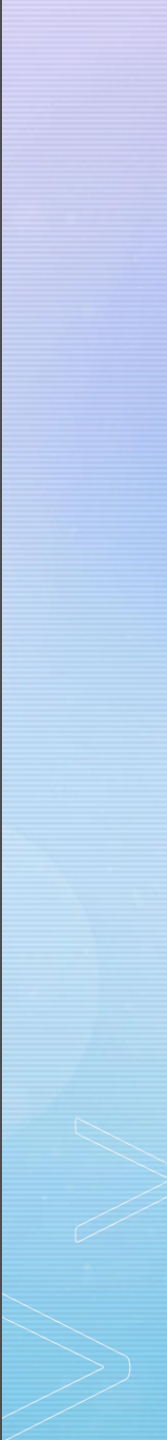
Model	648
Točnost:	±0.225°C
Broj ulaza:	1
Vrste ulaza:	RTD, termoparovi, otpornost u mV
Izlazni signali:	Wireless
Napajanje:	„Power Module“
Zaštita:	NEMA 4X, IP66/67
Certifikati:	FM, ATEX, CSA, IECEx, TIIS
Vanjska temperatura:	od -40 do 85 °C



EMI
Process



Vrste mjernih pretvornika temperature (aktivni i pasivni pretvornici)



► Pasivni mjerni pretvornici temperature

- otpornički elementi
- termistori



PTC Thermistors



Otpornički pretvornik temperature - RTD

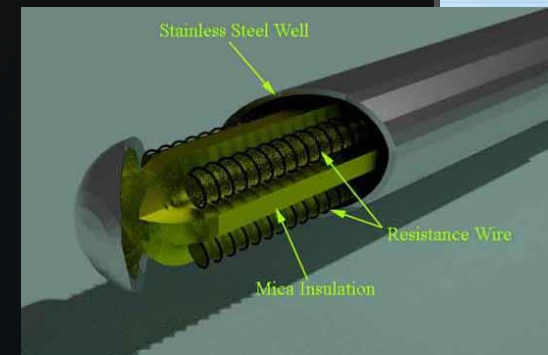
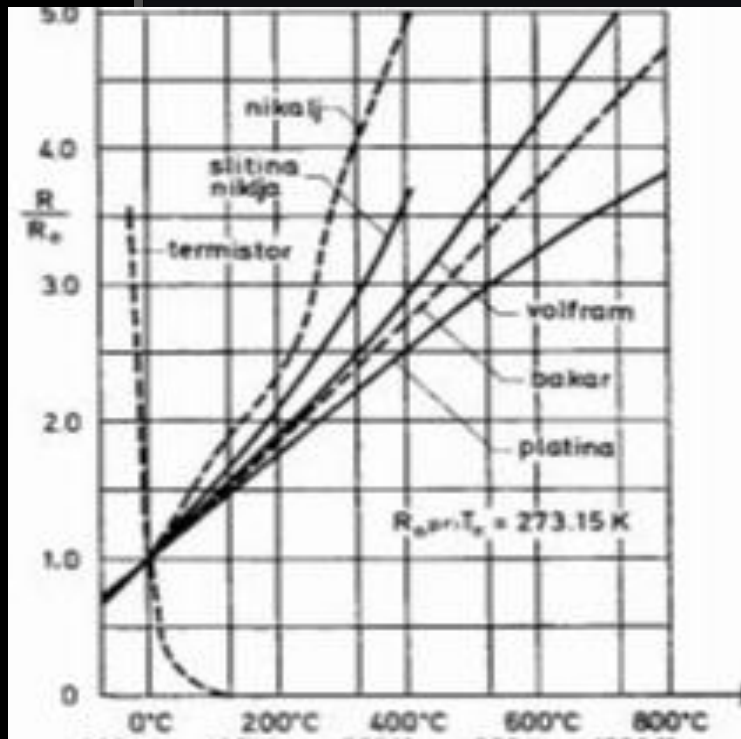
- princip rada $\Delta T \rightarrow \Delta R$

$$R_T = R_0(1 + \alpha T)$$

- platinski termometar **Pt100** – najviše u upotrebi

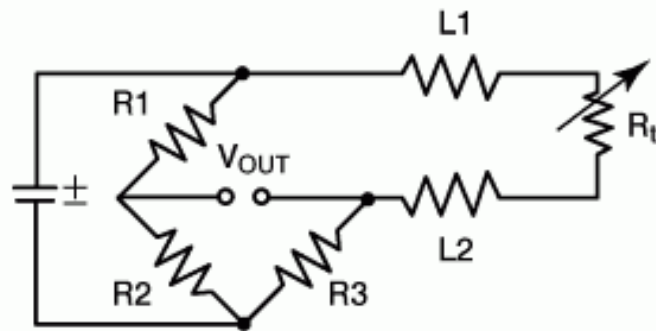
(Pt – platina, 100 Ω na 0 °C)

- od -200 do 850 °C
- linearna karakteristika
- kontaktni pretvornik

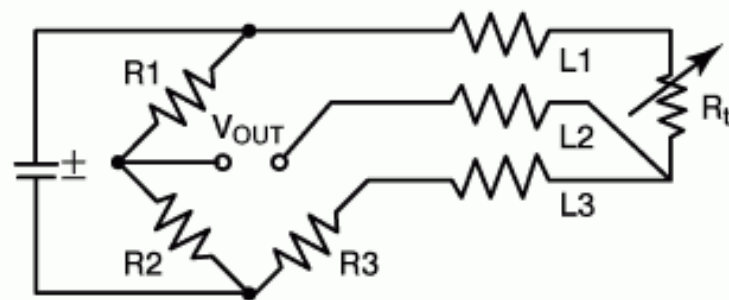


Spajanje

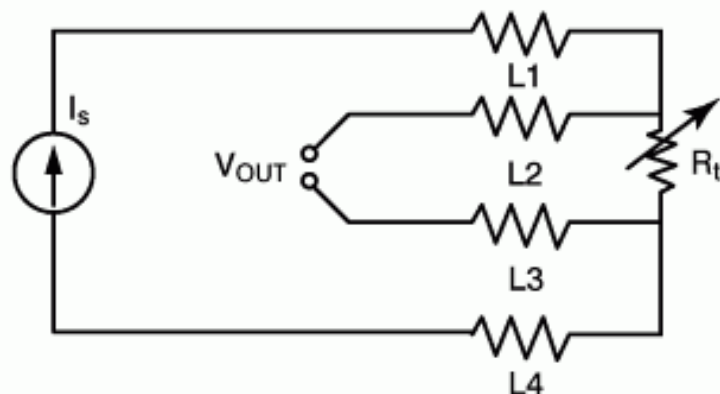
(A)



(B)



(C)



- Wheatstoneov most

- a) spoj s 2 žice

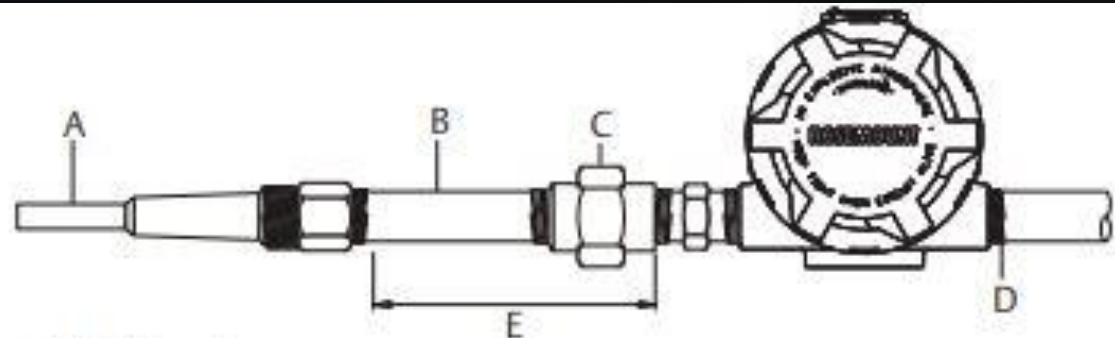
- b) spoj s 3 žice

- c) spoj s 4 žice

- eliminacija pogreške,
linearizacija

Uzorak – PT100

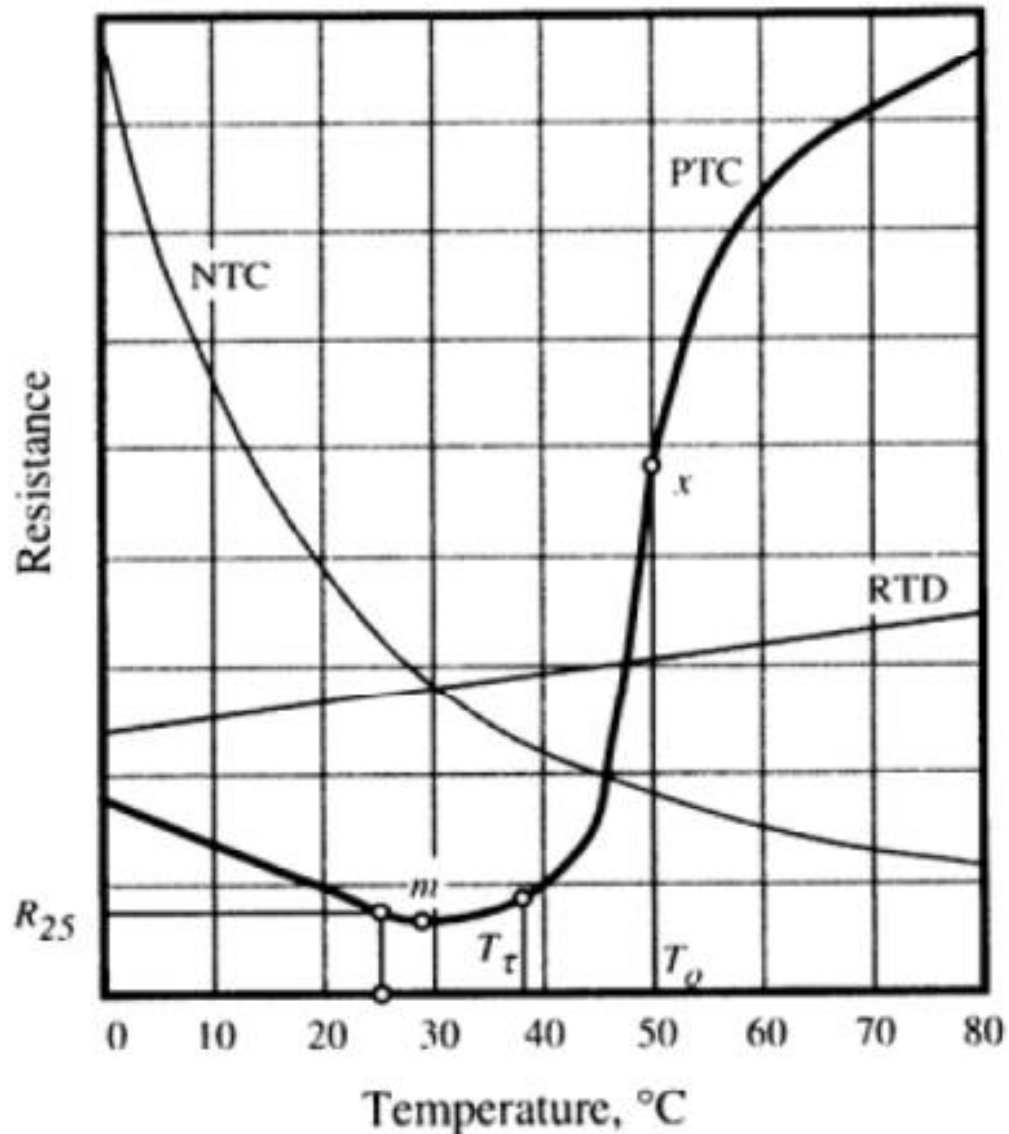
spremnici – razni mediji
stabilnost, točnost, trajnost
širok raspon, linearnost



- A. Zaštitna cijev
- B. Produžetak (nazuvica)
- C. Spoj ili spojnica
- D. Vod za kabele (istosmjerna struja)
- E. Duljina produžetka

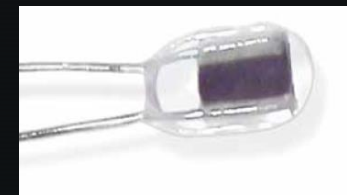
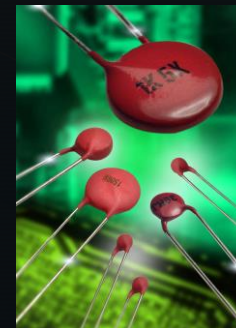
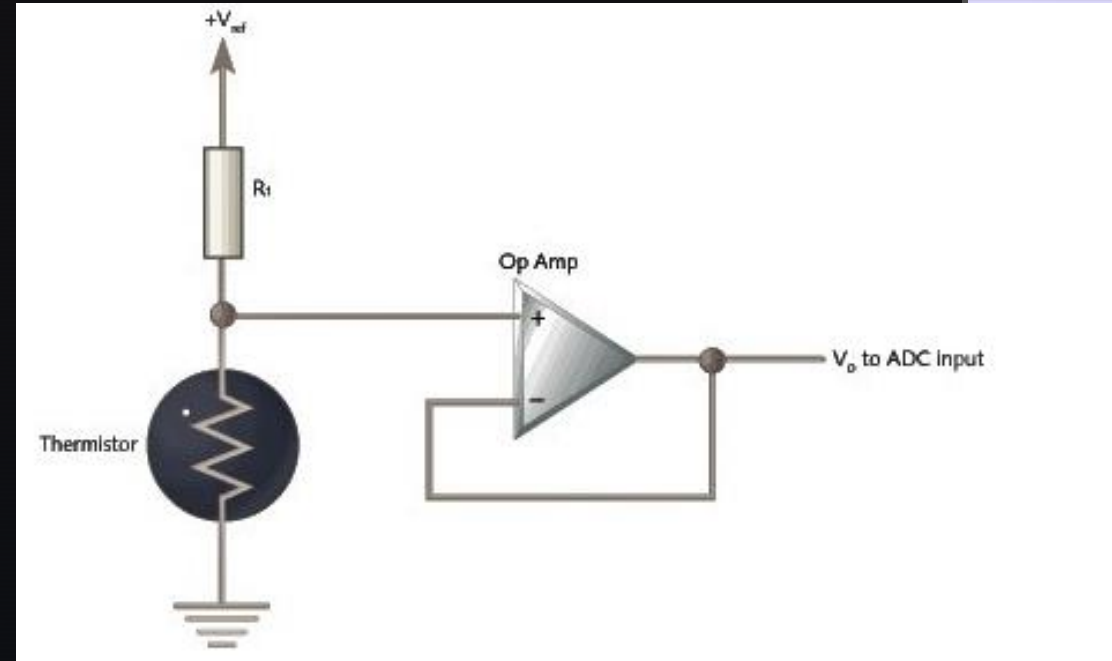
$$R = R_0 e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

Termistori



- princip rada $\Delta T \rightarrow \Delta R$
- $\alpha_{\text{termistor}} > \alpha_{\text{RTD}}$
- NTC - mjerenje – najosjetljiviji
- PTC - zaštita
- vrlo strma nelinearna karakteristika

- poluvodički
- manjih dimenzija
- brži odziv, 5točnost
- visoka osjeljivost - toplinski alarmi
- kontaktni pretvornici



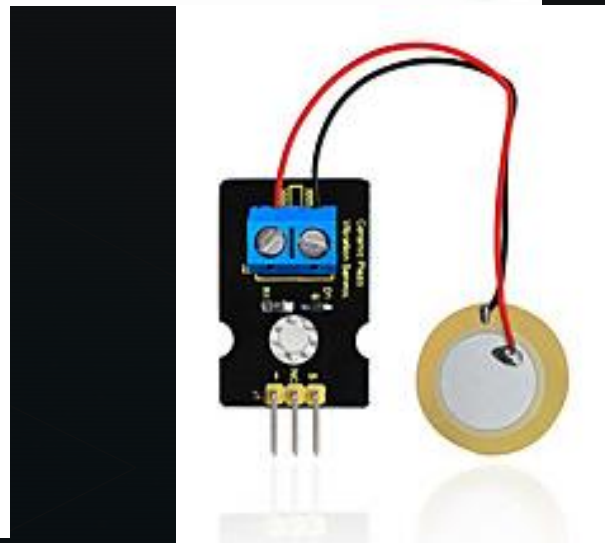
Aktivni mjerni pretvornici temperature

- termoelektrični pretvornik -
termopar

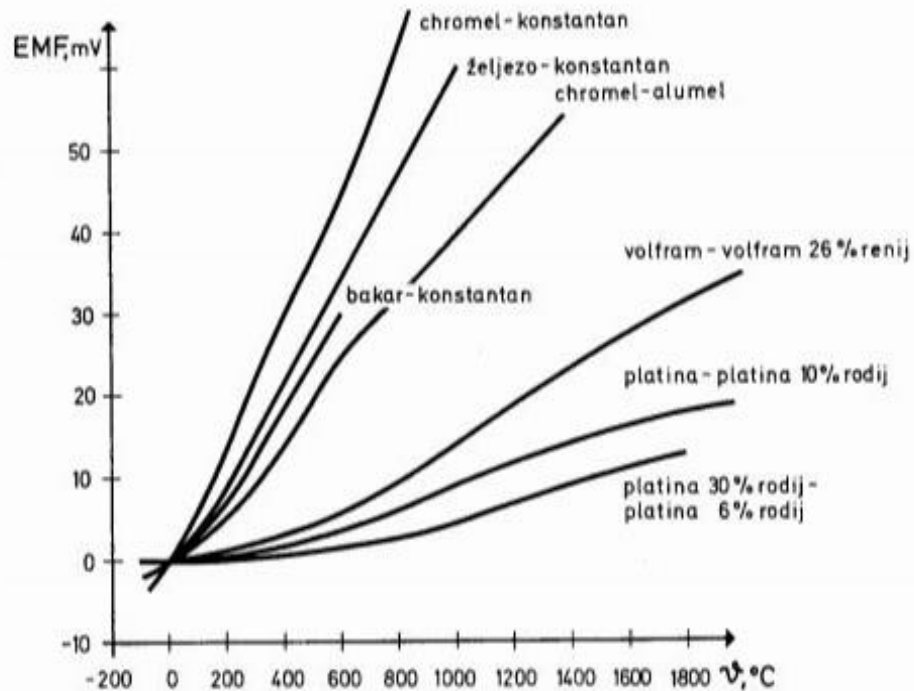


- piroelektrični senzor

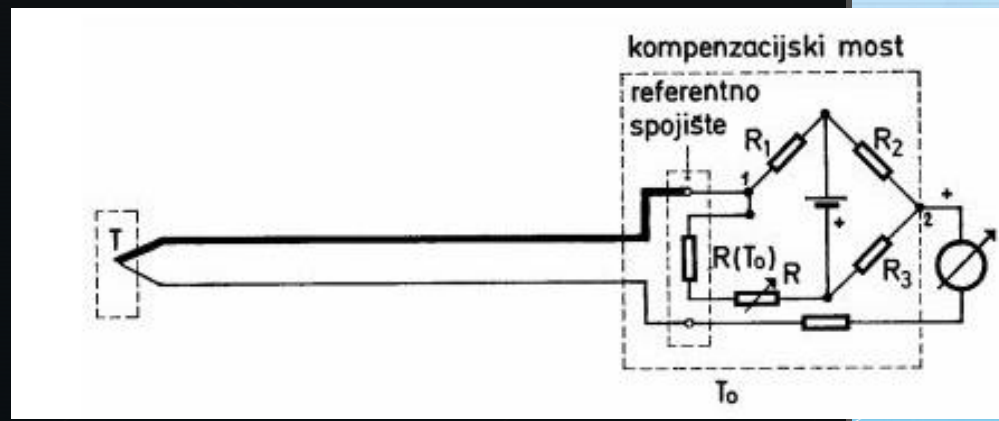
- optički
- radijacijski

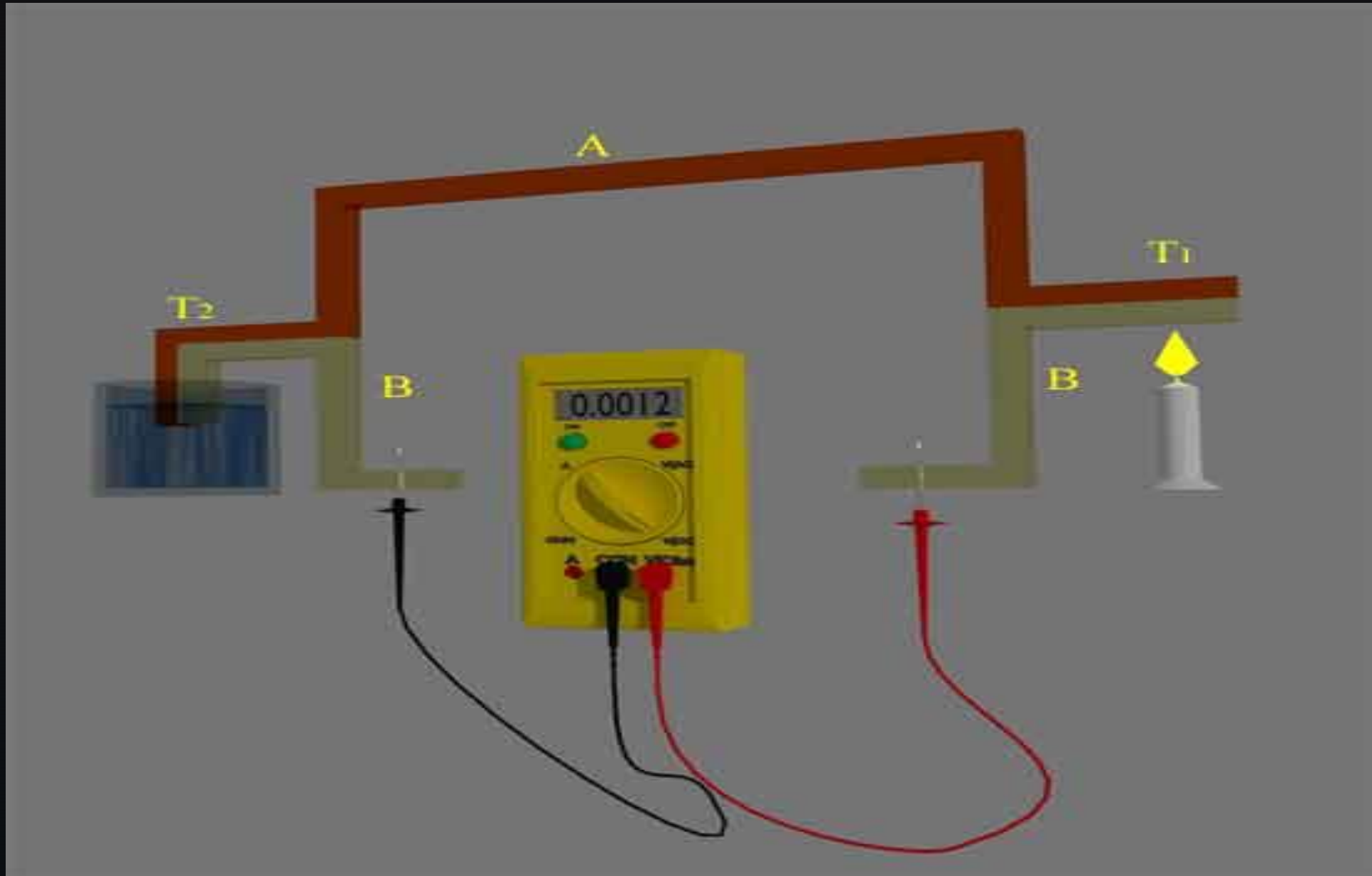


Termopar



- princip rada: $\Delta T \rightarrow U$
- termoelektrični efekt (Seebeck)
- dva različita materijala
- spojišta $T_1 \neq T_2$ - generira se U
- slabija točnost, brzi odziv, više T
- DC senzor
- uзорak !



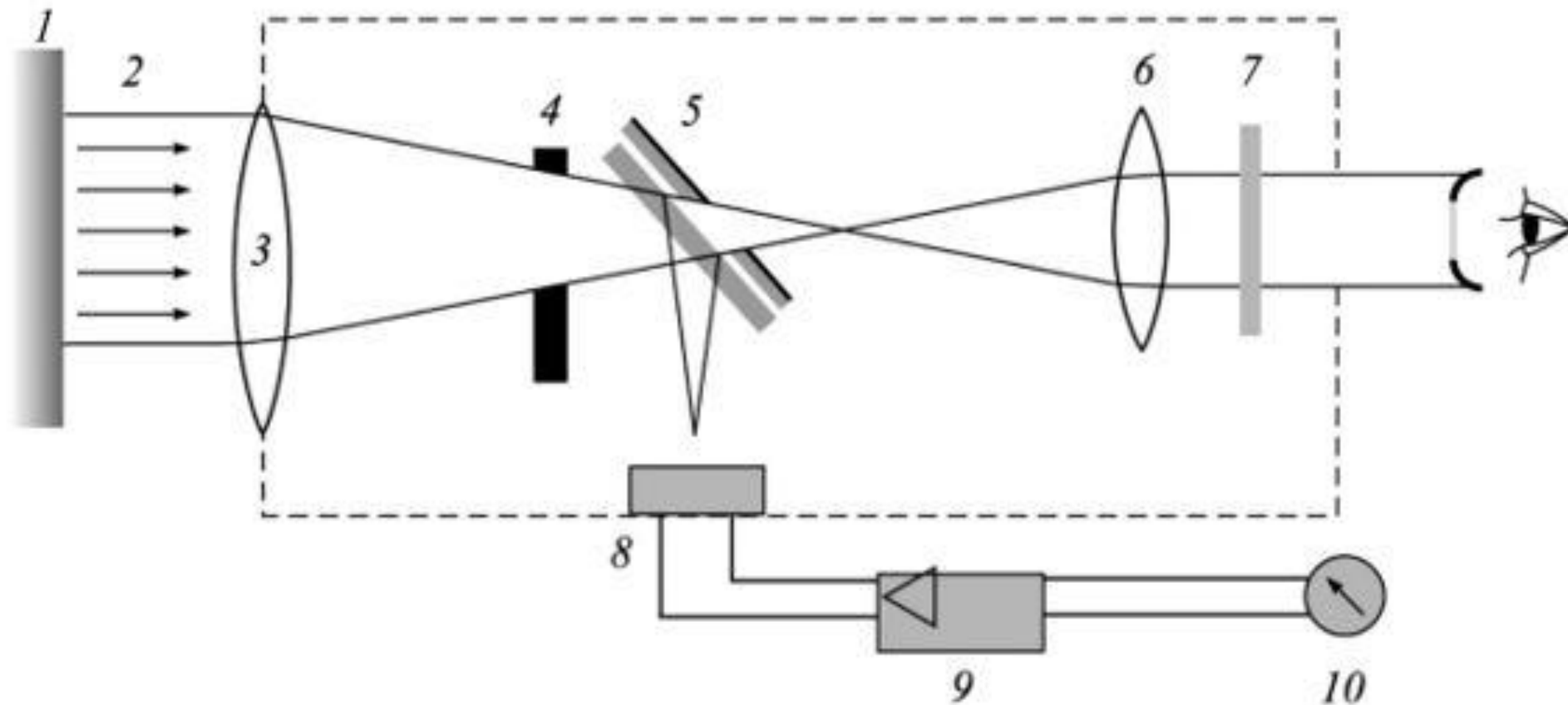


https://www.youtube.com/watch?time_continue=28&v=ZwXtPW0gdD0

Piroelektrični senzor - pirometar

- princip rada $\Delta T \rightarrow Q$
- polarizacija materijala
- generira naboj samo kod promjene toplinskog toka (AC senzor)
- mjerenje vrlo visokih temperatura





Pirometar - građa; 1. tijelo koje zrači, 2. toplinsko zračenje, 3. objektiv, 4. zaslon za podešavanje, 5. polupropusno ogledalo, 6. okular, 7. zaštitni filter, 8. termoelement, 9. pojačalo 10. mjerni instrument [7]

Usporedba i odabir mjernog pretvornika temperature

Karakteristike, prednosti i mane

Characteristic	Thermocouple	RTD	Thermistor
Temperature Range	Excellent -210 °C to 1760 °C	Great -240 °C to 650 °C	Good -40 °C to 250 °C
Linearity	Fair	Good	Poor
Sensitivity	Low	Medium	Very High
Response Time	Medium to Fast	Medium	Medium to Fast
Stability	Fair	Good	Poor
Accuracy	Medium	High	Medium
Susceptible to Self-Heating?	No	Yes, Minimal	Yes, Highly
Durability	Excellent	Good	Poor
Cost	Lowest	High	Low
Signal Conditioning Requirements	Cold-Junction Compensation Amplification Open Thermocouple Detection Scaling	Excitation Lead Resistance Correction Scaling	Excitation Scaling

Table 2: Comparison of Temperature Sensor Types

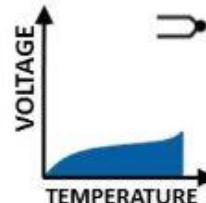
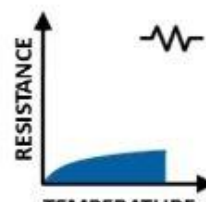
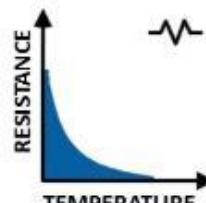
	Advantages	Disadvantages
THERMOCOUPLES 	✓ Simple ✓ Rugged ✓ Inexpensive ✓ No external power ✓ Wide temperature range ✓ Variety of styles	× Nonlinear response × Small sensitivity × Small output voltage × Requires CJC × Least stable
RTD 	✓ Most stable ✓ Good Linearity ✓ Most accurate	× Low sensitivity × Externally powered × Costly × Small output resistance × Self-heating error
THERMISTOR 	✓ Fast ✓ High output ✓ Minimal lead resistance error	× Limited temperature range × Externally powered × Nonlinear × More fragile × Self-heating error

Table 1: Advantages and Disadvantages of Temperature Sensor Types

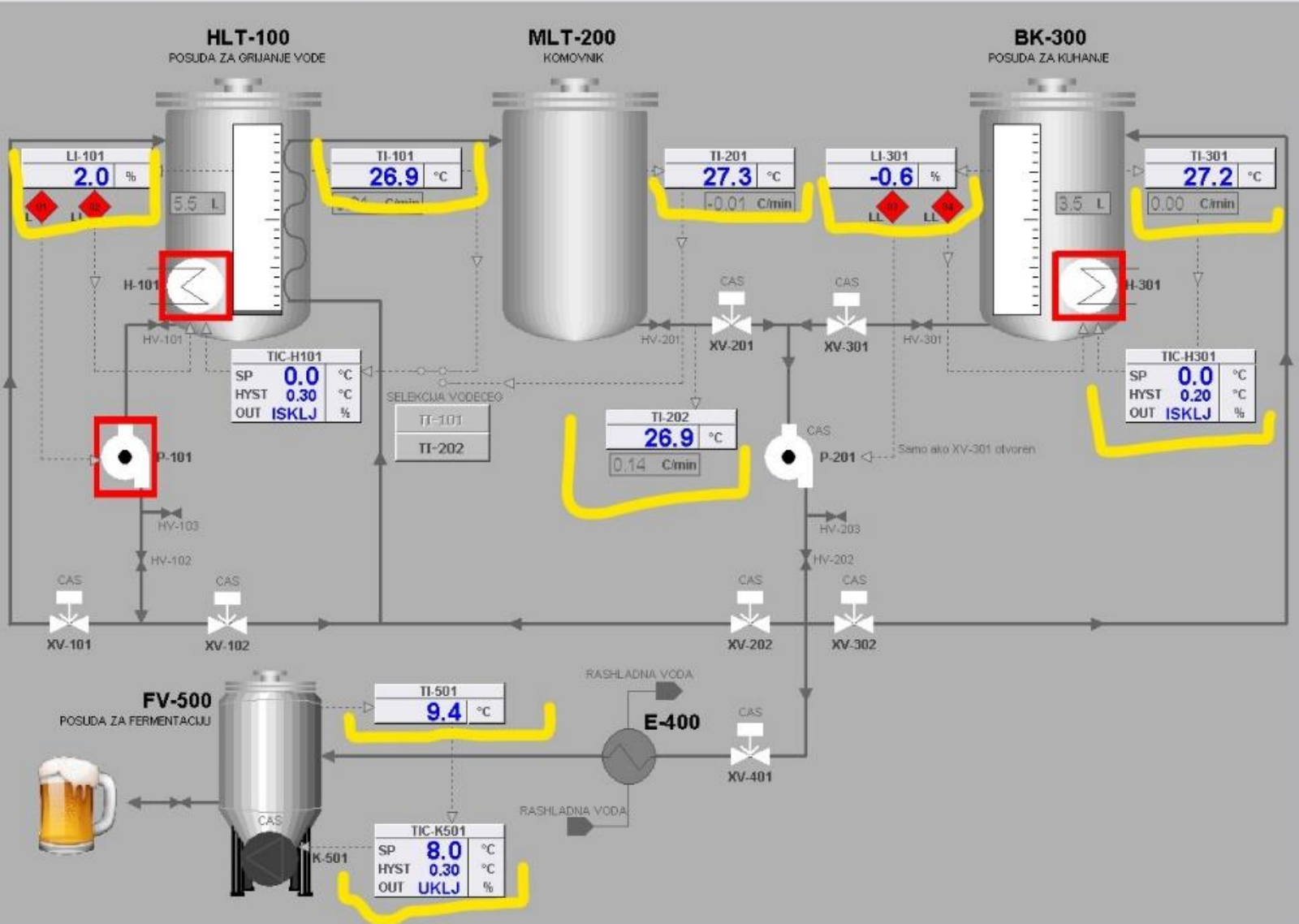
Kako odabrati?

Size	Temperature Range by Sensor		Ohms per 1000 ft	Ohms per km
	Diameter Inches	Diameter mm		
20 AWG	0.032	0.813	10.15	33.29
21 AWG	0.029	0.724	12.80	41.98
22 AWG	0.025	0.645	16.14	52.94
23 AWG	0.023	0.574	20.36	66.78
24 AWG	0.020	0.511	25.67	84.20
25 AWG	0.018	0.455	32.37	106.17
26 AWG	0.016	0.404	40.81	133.86
27 AWG	0.014	0.361	51.47	168.82
28 AWG	0.013	0.320	64.90	212.87
29 AWG	0.011	0.287	81.83	268.40
30 AWG	0.010	0.254	103.20	338.50

Problemski zadatak

ilitiga primjer iz prakse

(rad u paru s učenikom iz iste klupe)



	ESD	00
	RESET	Normal
1. Obustava / omogucen rucni rad		
2. Spreman za start sekvence	START	
3. Punjenje posude	LI-101 5.5 > 30.0 L	Punjenje posude HLT-100 vodom
4. Zagrijavanje	Tstrik 72.9 + 10.0 C offset TI-101 26.9 > 82.9 C sa o.	Masa slada 15.0 kg T okolne 30.2 C Uklonjavanje (SPuk1) 68.0 C
5. Cirkulacija	LI-101 0.0 > 45.0 L	Zadana kol. prepumpana u MLT-200
6. Mjesanje	MIJESANJE GOTOVO	Rucna potvrda
7. Uklonjavanje	TI-201 27.3 u opsegu 0.0 C SPuk1 68.0 C, Timer 0 60 m 1. Korak uklonjavanja SPuk2 75.0 C, Timer 0 20 m 2. Korak uklonjavanja SPuk3 73.0 C, Timer 0 20 m 3. Korak uklonjavanja	Zadovoljen uvjet za timer
8. Cijedjenje	LI-301 3.5 > 23.0 L TI-101 75.0 C	Zadana kol. prepumpana u MLT-200
9. ispiranje	LI 3.5 > 71.0 L LI-101 2.0 < 2.0 % TI-301 27.2 u opsegu 98.8 C	Prepumpavanje u MLT-200 Temperatura kuhanja
10. Kuhanje	Timer 0 / 65 m Timer 0 / 5 m Timer 0 / 0 m Ukupno 0 / 60 m	1. Korak kuhanja 2. Korak kuhanja 3. Korak kuhanja
11. Pripreme za hladjenje	HLADJENJE SPREMNO	
12. Hladjenje	LI-301 -0.6 < -2.0 %	Potpuno ispraznjen BK-300
13. Sladovina je gotova	RESET	Fermentor je u akciji

Prema podacima iz sloga za iskazivanje (indikacija, registracija) i sheme odredite **koje biste mjerne pretvornike upotrijebili** na sljedećim shematskim elementima (označeni žuto) i za koji tip biste se odlučili **obzirom na zahtjeve** (mjerno područje, osjetljivost, točnost, brzina odziva, linearnost, zaštitna uloga, dimenzije, izlazni signal):

TI 101:

TIC H101:

TI 201:

TIC H301:

TI 301:

TIC K501:

TI 501:

LI 101:

TI 202:

LI301:

TI 501:

Obrazložite svoj odabir:

■ Koje pretvornike niste znali odabrati?

Jesi li to možda LI 101 i LI 301?

Mjerili bi.....

To je tema našeg narednog sata!

MJERNI PRETVORNICI RAZINE

Pitanja za ponavljanje i samoprovjeru

**molim riješiti u radnim listićima
- domaća zadaća**

1. U pogonu imamo okruženje u kojem je potrebno pratiti temperaturu jer je instrumentacija vrlo osjetljiva na nagli rast temperature. Koji bismo mjerni pretvornik temperature upotrijebili kada bismo htjeli imati **vrlo osjetljiv zaštitni uređaj** koji **brzo reagira** na promjene temperature u uskom rasponu?

2. Znanstvenici su proučavali utjecaj globalnog zatopljenja na temperaturu vode u jezeru Tahoe. Istraživanje je pokazalo da je "*temperatura prosječno rasla za 0,067°F godišnje*". Stoga je bio potreban **vrlo osjetljiv uređaj zaliven u staklenu kapsulu koji je mogao detektirati vrlo male temperaturne promjene i bio otporan i stabilan kroz duže vrijeme.**

Što mislite koji temperaturni pretvornik je najbolje odgovarao tim zahtjevima? _____

Obrazloži svoj odgovor:

3. U tvornici za proizvodnju stakla **smjesa se zagrijava na temperaturu 1500°C** i potom razlijeva na sloj istopljenog lima i polako hladi u hladnjacima. Kojim biste mjernim pretvornikom mjerili temperaturu tekućeg stakla a koja bi omogućila **mjerenje s većih udaljenosti** zbog zaštite radnika od visokih temperatura? _____

Obrazložite svoj odgovor:

Za znatiželjne:

- https://www.youtube.com/watch?v=_9cxpO3CM-Y
- <https://www.youtube.com/watch?v=9opuvLXAetI&t=153s>
- <https://www.intorobotics.com/pick-best-temperature-sensor-arduino-project/>
- <https://www.ultra-nspi.com/how-do-i-select-a-temperature-sensor-for-harsh-environment-conditions/>

Izvori:

- Ravilić V. Automatika za elektrotehničke škole, Ravel 2012.
- E.Prpić, M. Franušić: "Automatsko upravljanje sustavima i procesima, skripta
- https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/Emerson_prezentacija_17.1.2014.pdf
- <http://www.omega.co.uk/temperature/Z/pdf/z019-020.pdf>
- http://www.engineeringtoolbox.com/temperature-sensors-d_448.html
- <http://www.itsirl.com/admin/pdfmanual/1420797923pt100acc.pdf>
- <http://www.ni.com/white-paper/4218/en/>
- <https://www.electrical4u.com/thermocouple-temperature-measurement/>
- <https://www.emerson.com/documents/automation/vodi%C4%8D-za-brzi-po%C4%8Detak-rada-senzor-rosemount-214c-hr-3221780.pdf>
- <https://www.omega.co.uk/temperature/z/thermocouple-RTD.html>
- https://www.pyromation.com/TechInfo/WhitePapers/How_to_Select_and_Use_the_Right_Temperature_Sensor.aspx