

# Savremeni merni sistemi

Laboratorijska vežba 3

Pregled savremenih senzora i  
interfejsnih kola

Vladimir Rajović, 2014/15

# Smart senzor

- Jedan čip, bez spoljašnjih komponenti, koji u sebi sadrži funkcije:
  - Senzora
  - Sprege
  - Obrade signala
  - Inteligencije
    - Samotestiranje
    - Samoidentifikacije
    - Samoadaptacije

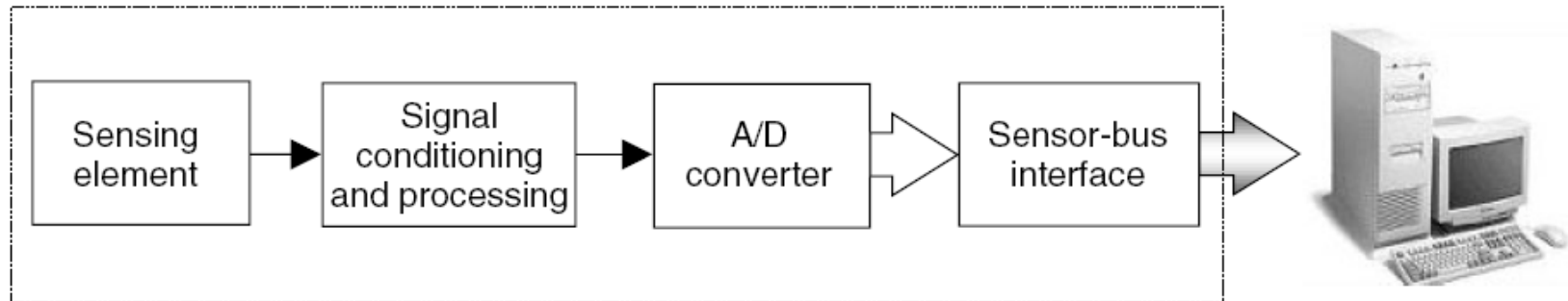
# Vrste senzora

- Sensori konvertuju merenu veličinu u ograničen broj izlaznih veličina:
  - Analogni:
    - Mehanički pomeraj (živin termometar, analogni voltmetri/ampermetri)
    - Amplituda električne struje i/ili napona
  - Digitalni:
    - Prebacivanje analogne veličine u digitalni kod (ADC)
  - Kvazidigitalni:
    - Analogna veličina se prebacuje u vremenski domen
      - Frekvencija / period (najbrojniji)
      - Faktor ispunjenosti
      - Vremenski interval
      - Broj impulsa
      - Fazni pomeraj

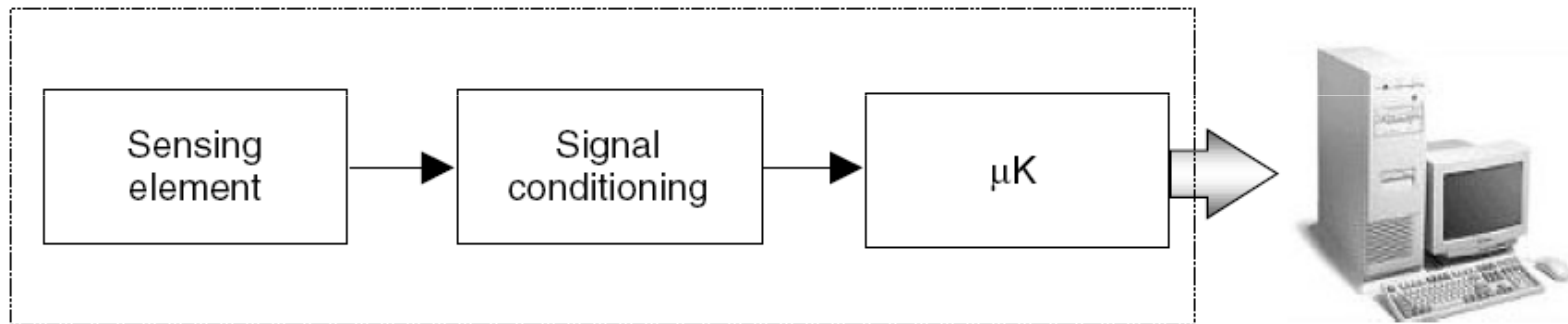
# Kvazidigitalni senzori

- Jednostavnost i univerzalnost analognih senzora
- Tačnost i imunost na šum digitalnih senzora
- Primer očitavanja je brojanje perioda signala u nekom vremenskom intervalu, metod koji nadmašuje po jednostavnosti i tačnosti sve druge metode AD konverzije

- Klasični integrisani senzor



- Smart senzor



- Glavna razlika je u funkcijama, smart senzor poseduje “inteligentne” funkcije, kao što su samodijagnostika, samoidentifikacija i samoadaptacija

# Smart senzor sa kvazidigitalnim izlazom

- Prilagodljivost (uslovima sredine, potrebama merenja...)
- Tačnost (smanjenje greške sistema samokalibracijom, smanjenje spoljašnjih grešaka pogodnom obradom)
- Pouzdanost (samodijagnostika)

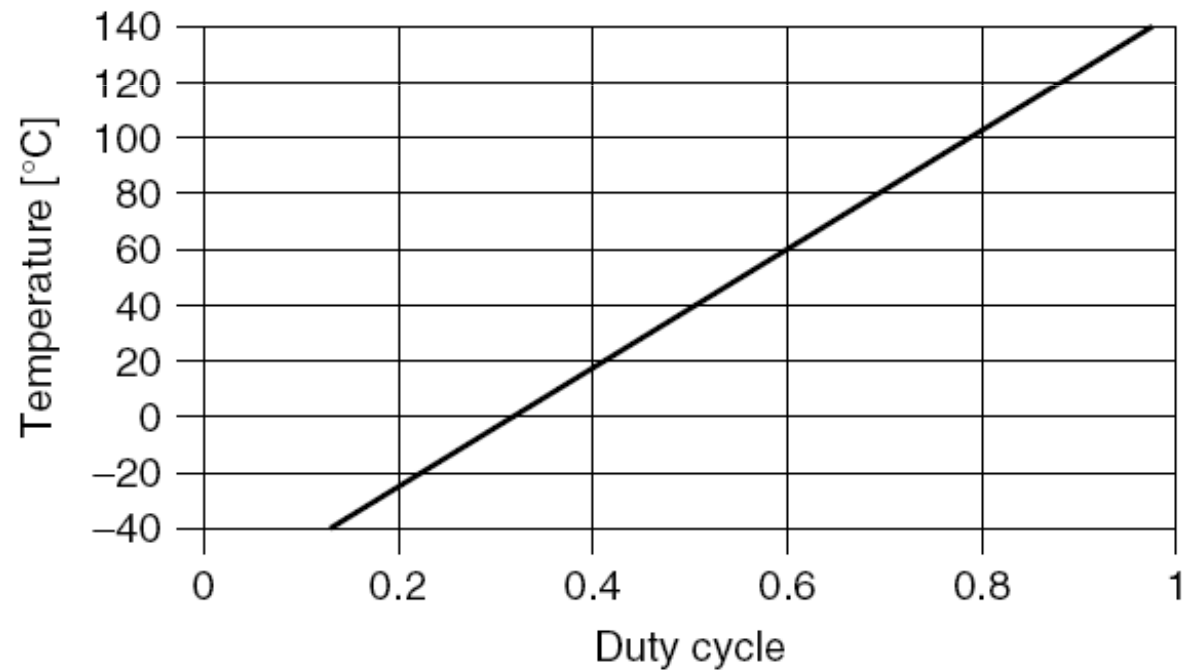
# Temperaturni senzori u formi integrisanih kola

- Temperaturno zavisna otpornost poluprovodnika,  $-55 - +150^{\circ}\text{C}$
- Kalibracija
- Protokoli
- Izlaz kvazidigitalan (faktor ispunjenosti, frekvencija...) ili digitalni kod
- Problemi:
  - Površina čipa
  - Digitalna interferencija
  - Tolerancije parametara
- CMOS tehnologija najjeftinija

# SMT160-30

- Modulacija faktora ispunjenosti

$$DC = 0.320 + 0.00470t [^{\circ}C]$$

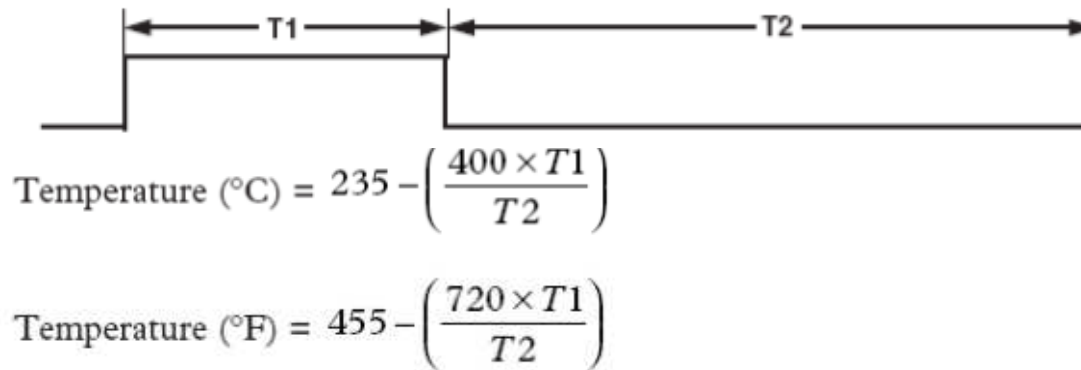
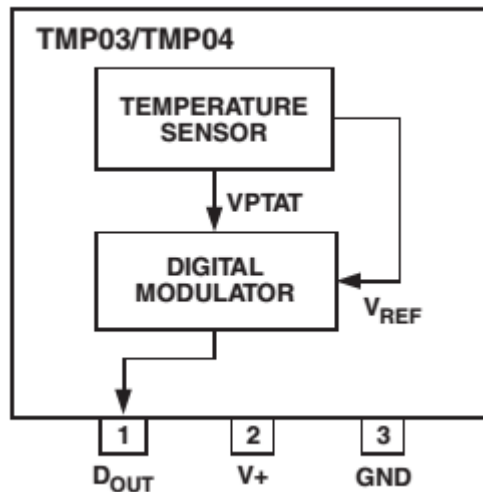




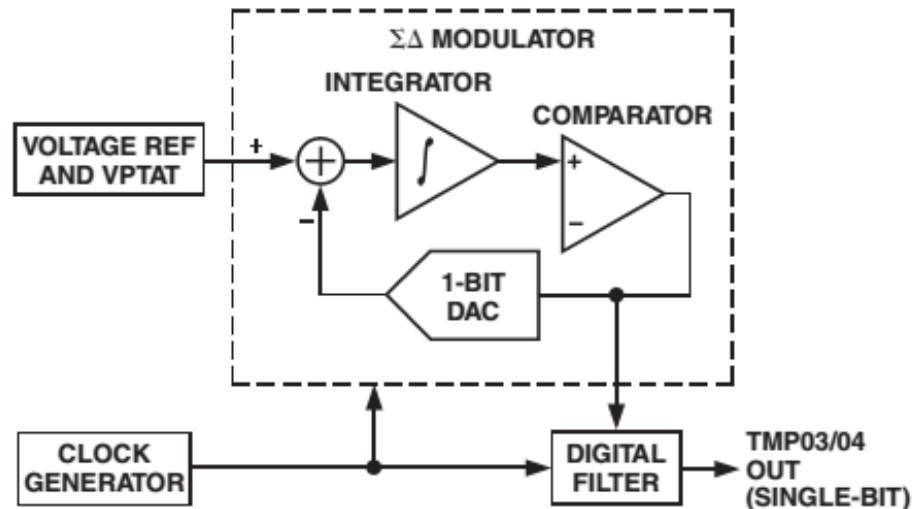
# SMT160-30

- Kalibracija senzora izvršena prilikom testa i proizvodnje čipa
- Temperaturni opseg  $-45 - +150^{\circ}\text{C}$
- Tačnost  $0.7^{\circ}\text{C}$
- Relativna greška  $0.47\%$
- Izlazna frekvencija  $1 - 4 \text{ kHz}$
- CMOS izlaz može da pobuđuje kablove dužine do  $20 \text{ m}$

# TMP03 / TMP04

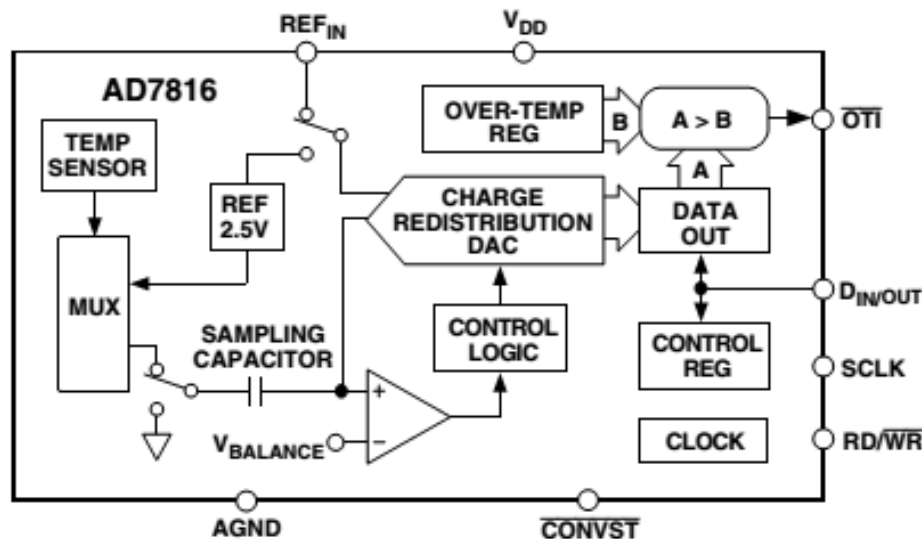


- Tačnost  $1.5^{\circ}\text{C}$ ,  
–  $25^{\circ}\text{C}$  –  $100^{\circ}\text{C}$
- Nominalna frekvencija  
35 Hz
- TMP03: CMOS izlaz
- TMP04: open kolektor

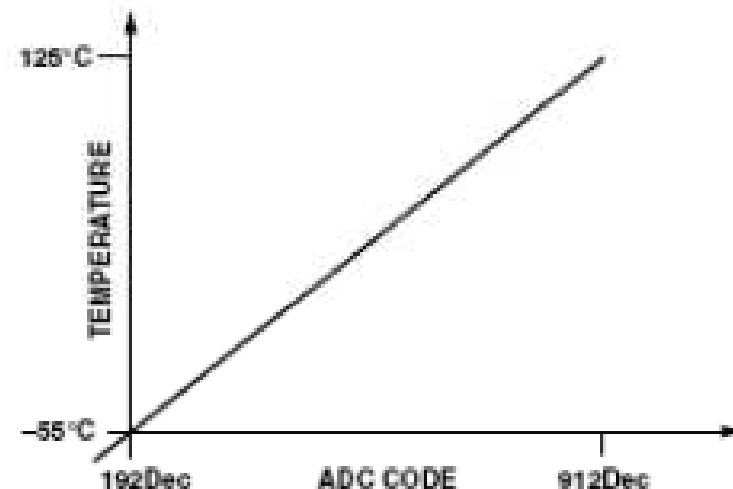


# AD7816 / 7817 / 7818

- AD7816 samo temperaturni senzor, AD7817 ima još i četiri analogna ulaza, AD7818 još jedan analogni ulaz
- Tačnost 1°C
- Senzor je digitalan!



$$T_{AMB} = -103^{\circ}\text{C} + (\text{ADC Code}/4)$$

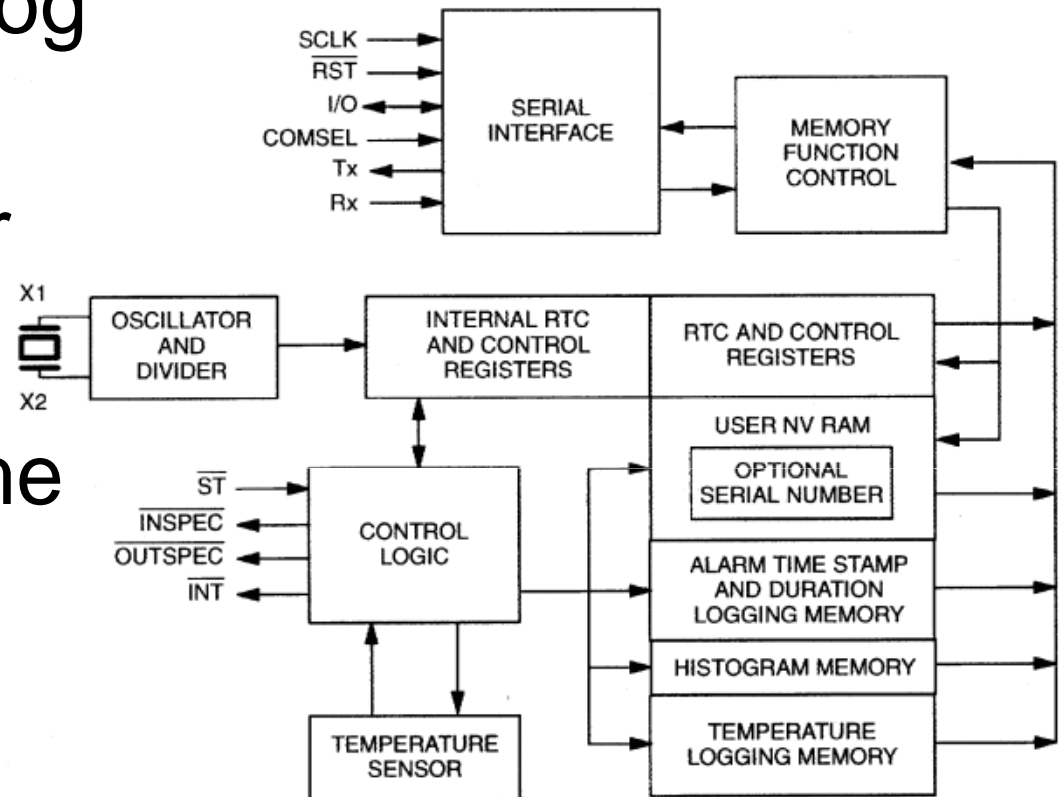


# Dallas temperaturni senzori

- Digitalni senzori sa raznim interfejsima
- Tačnost od 0.5°C do 2.5°C
- -50°C – 125°C
- Rezolucija 9 – 13 bita
- Senzori sa 1-wire i 2-wire interfejsom mogu da se povezuju na zajedničku magistralu
- Pojedine komponente imaju dodatne funkcionalnosti:
  - EEPROM
  - Sat realnog vremena
  - Nadgledanje rada procesora

# DS1615

- Integrisani sat realnog vremena
- Digitalni termometar
- Postojana memorija
- Programabilno vreme odabiranja
- 2048 zapisa temperatura/vreme
- 63 odeljaka histograma temperature

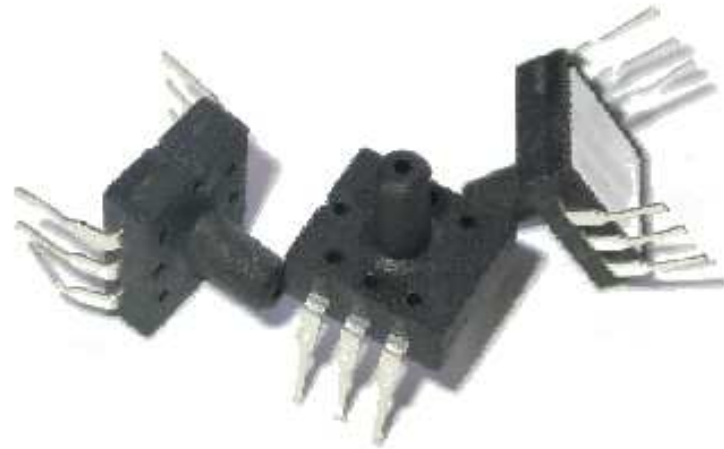


# National temperaturni senzori

- Digitalni senzori u opsegu  $-55^{\circ}\text{C}$  –  $150^{\circ}\text{C}$
- LM70 (10 bita+znak), LM74 (12 bita+znak), SPI/Microwire
- LM75 (9 bita), I2C, termalni menadzment
- LM76, LM77, LM92, I2C, različita tačnost i rezolucija, termalni prozor

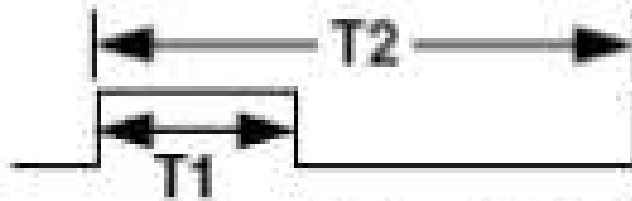
# Senzori pritiska

- Koriste se piezootpornici na silicijumskoj osnovi
- Otpori vezani u razne mostne šeme
- Primer Smartec SPD100GD, sa digitalnim izlazom
- 14 bita
- Apsolutni pritisak



# Akcelerometri

- ADXL202 – dvoosni akcelerometar



$$A(g) = (T1/T2 - 0.5) / 12.5\%$$

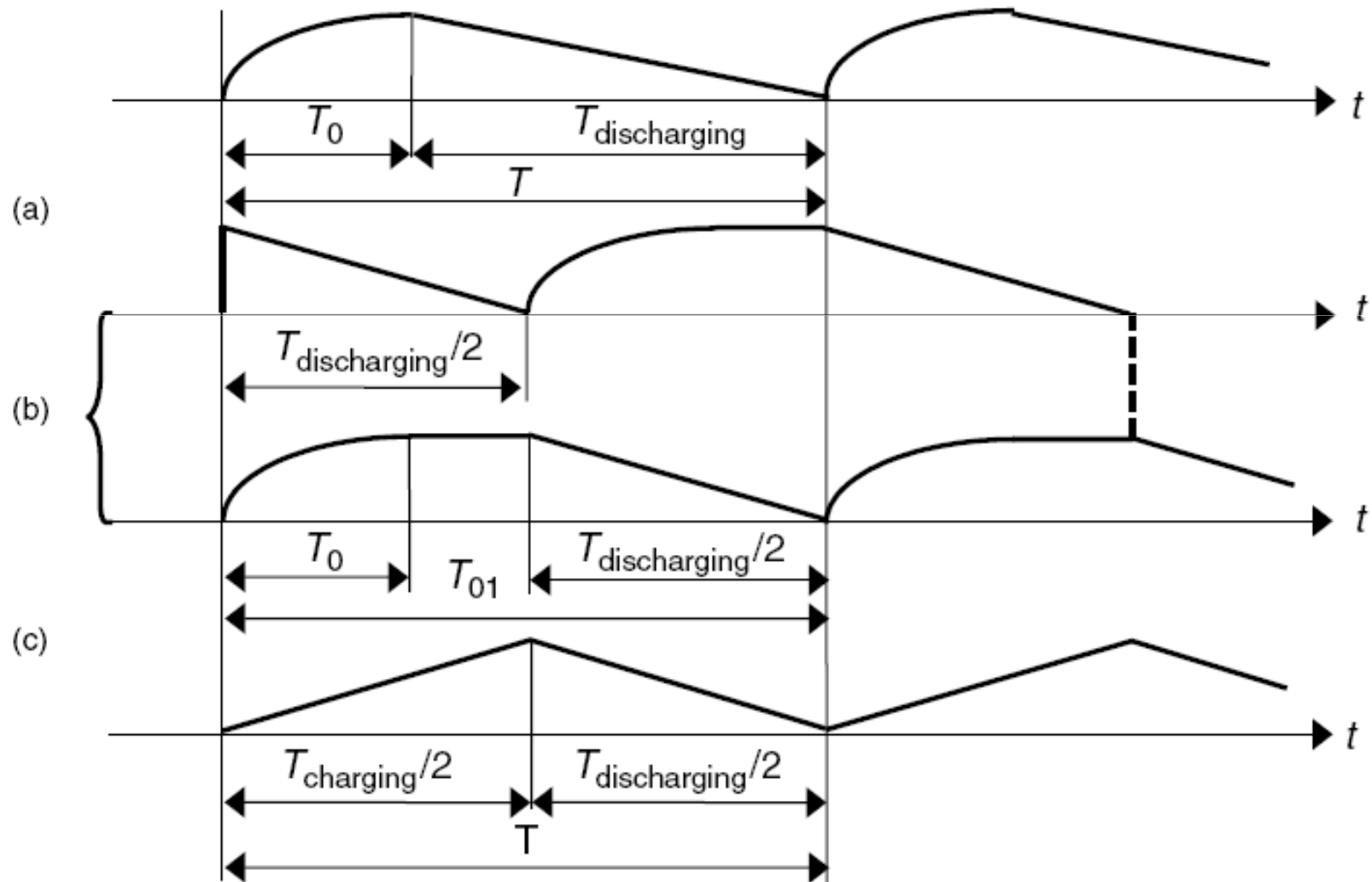
**0g = 50% DUTY CYCLE**



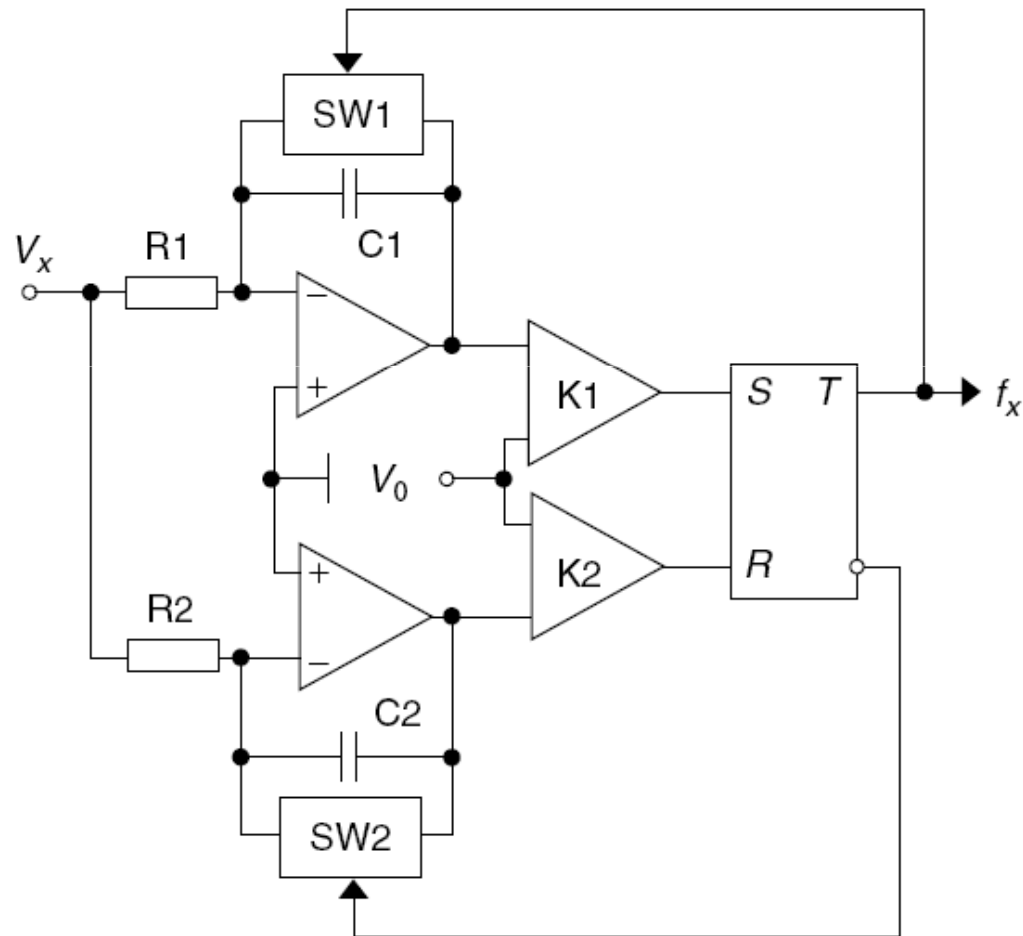
# Voltage to Frequency Converters

- Open structure
- Feedback

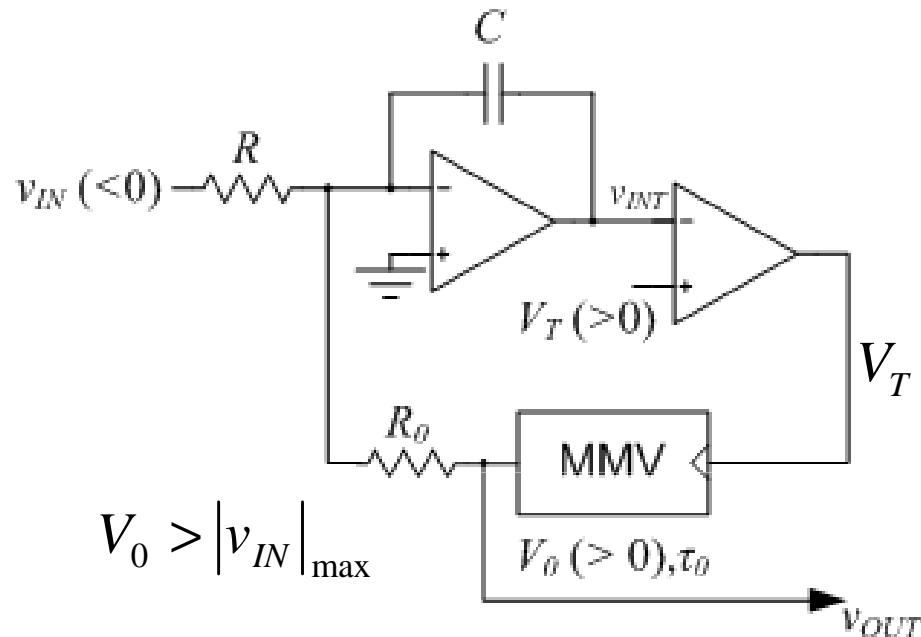
# Open structure VFC



# VFC sa dva integratora



# VFC sa povratnom spregom 1

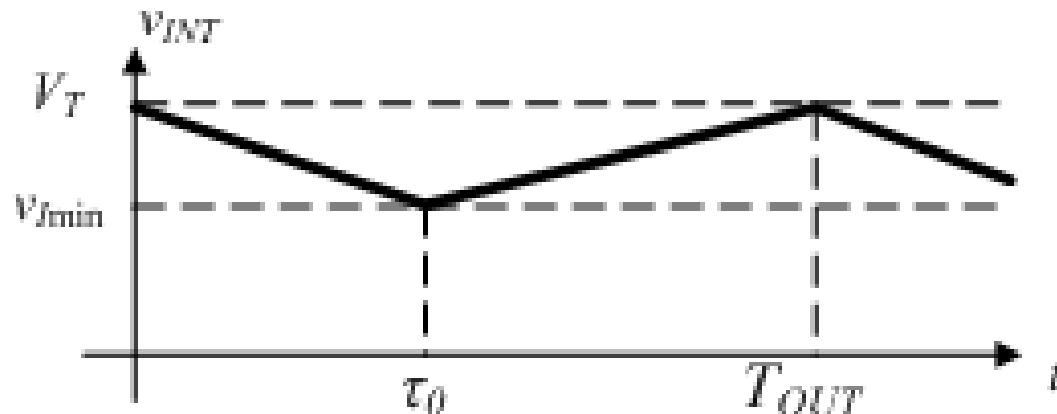


$$v_{Imin} = V_T - \left( \frac{V_0}{R_0 C} + \frac{v_{IN}}{RC} \right) \tau_0$$

$$V_T = \left( V_T - \left( \frac{V_0}{R_0 C} + \frac{v_{IN}}{RC} \right) \tau_0 \right) - \frac{v_{IN}}{RC} (T_{OUT} - \tau_0)$$

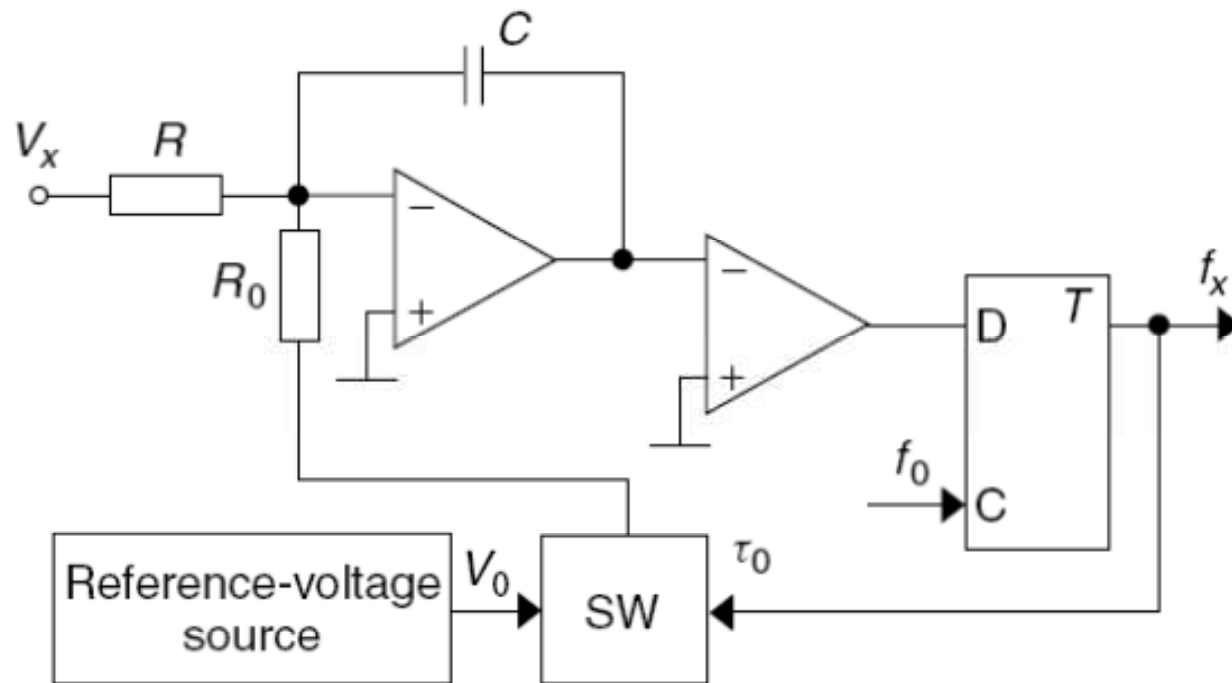
$$V_0 > |v_{IN}|_{max}$$

$$f_{OUT} = \frac{R_0}{R} \frac{1}{V_0 \tau_0} |v_{IN}|$$



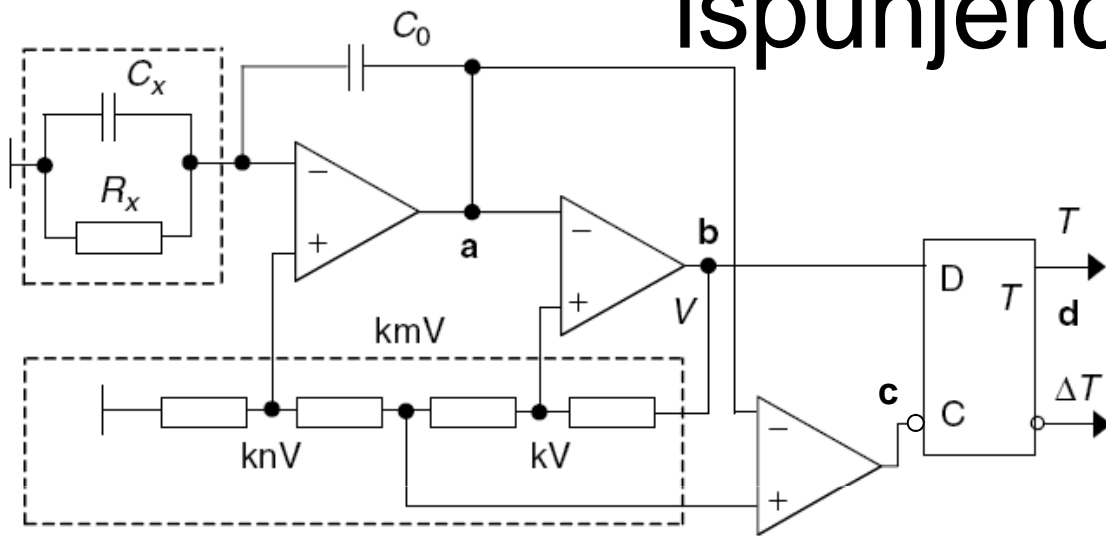
- MMV ne mora biti "idealno", bitno je samo da je integral impulsa na njegovom izlazu jednak  $V_0 \tau_0$

# VFC sa povratnom spregom 2

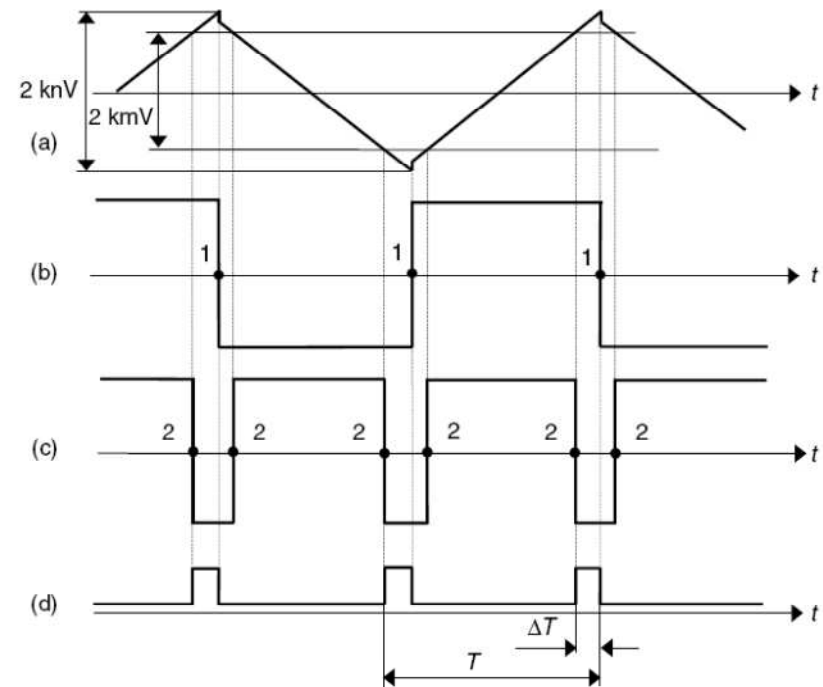




# Konvertor kapacitivnosti u faktor ispunjenosti



$$\frac{T}{2 \cdot \Delta T} = e_1 \cdot \left( e_2 \pm \frac{\Delta C}{C_{\text{nom}}} \right)$$



# Primer interfejsnog kola

## UTI (Universal Transducer Interface)

- Kompletan analogni frontend, koji sadrži pobudu senzora i sklopove za kondicioniranje signala
- Neophodan je samo jedan referentni element
- Kvazidigitalni izlaz, period zavisi od merene veličine



# UTI

- Moguće je meriti:
  - Platinske otpornike
  - Termistore
  - Potenciometre
  - Kondenzatore
  - Otporne mostove
- Uz par spoljašnjih komponenti moguće je meriti i napone i struje, što omogućava povezivanje senzora sa naponskim ili strujnim izlazom, kao što su termoparovi

# UTI

$$M_i = k \cdot S_i + M_{\text{off}},$$

- Sprovodi se postupak autokalibracije, pomoću tri merenja:

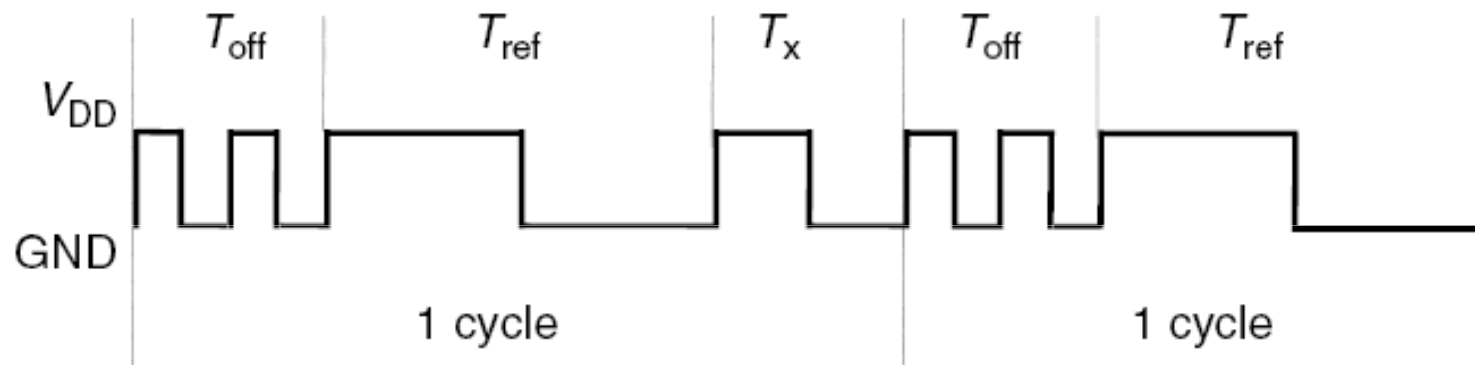
$$S_1 = 0, S_2 = S_{\text{ref}} \text{ and } S_3 = S_x$$

$$M_{\text{off}} = M_{\text{off}},$$

$$M_{\text{ref}} = k \cdot S_{\text{ref}} + M_{\text{off}},$$

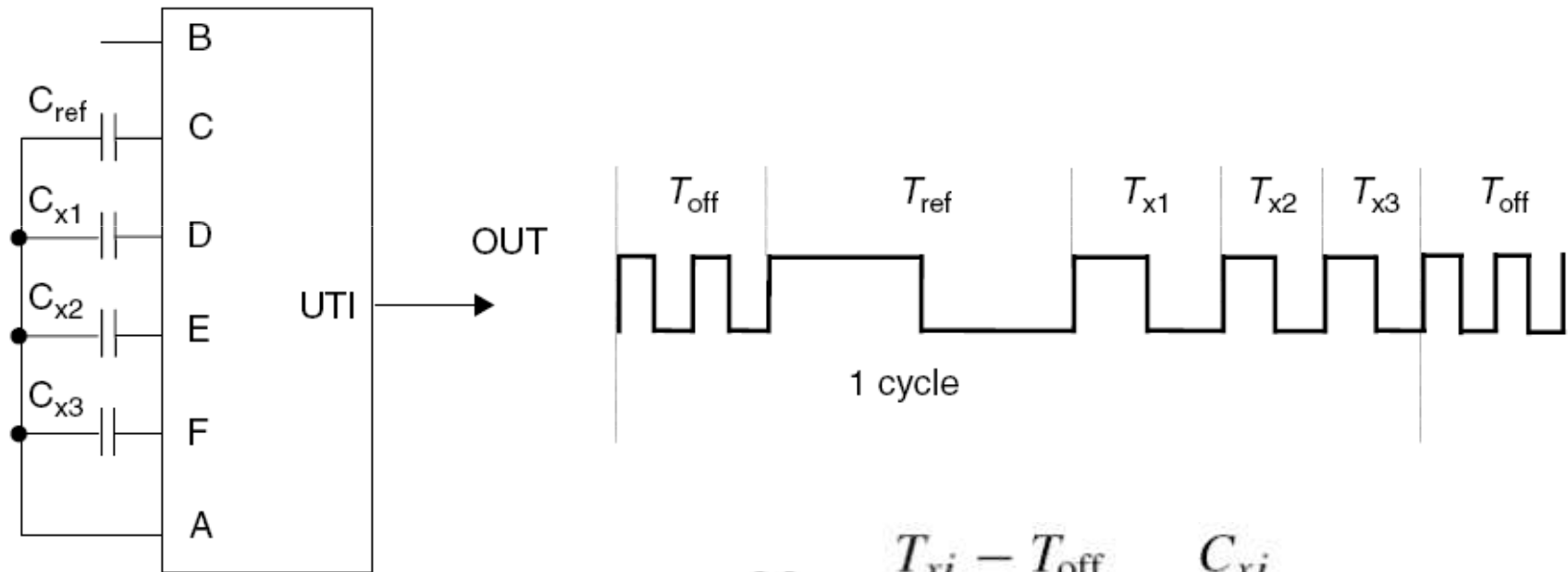
$$M_x = k \cdot S_x + M_{\text{off}}.$$

# UTI - izlazni signal



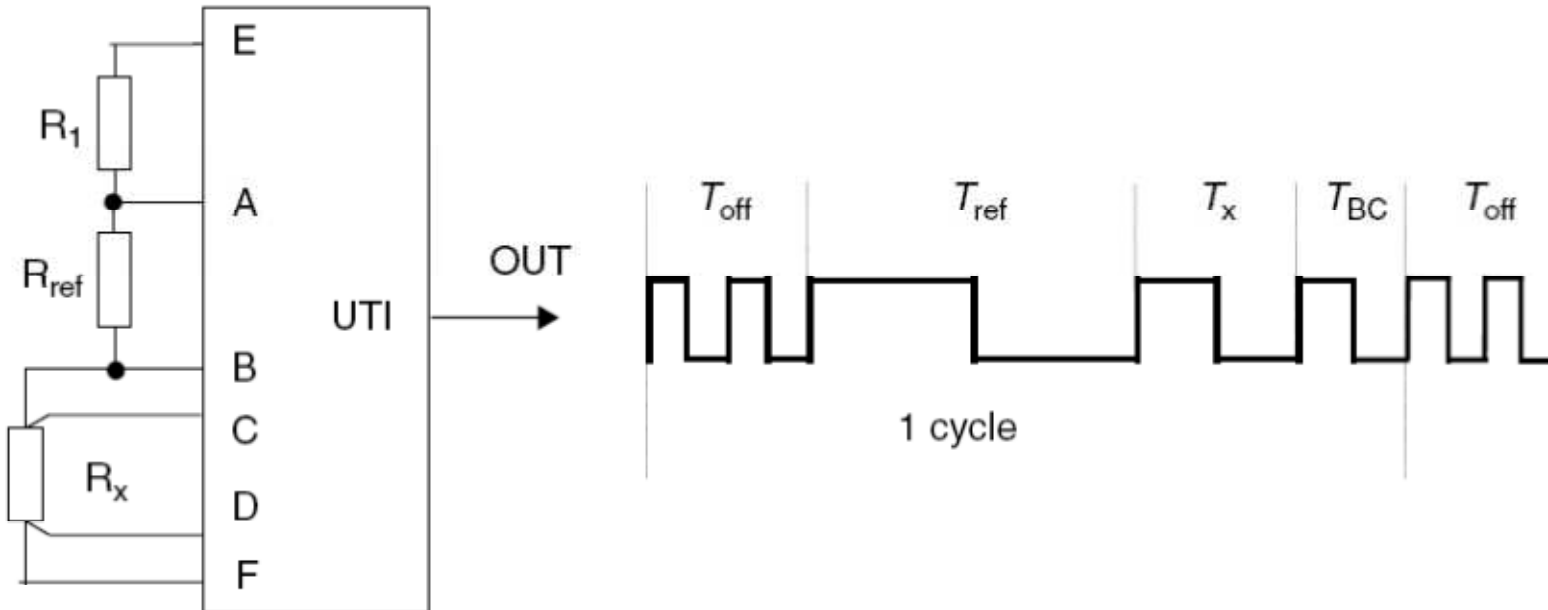
$$M = \frac{T_x - T_{off}}{T_{ref} - T_{off}} = \frac{C_x}{C_{ref}} \text{ or } = \frac{R_x}{R_{ref}} \text{ or } = \frac{V_x}{V_{ref}}$$

# UTI – primer merenja kapacitivnosti



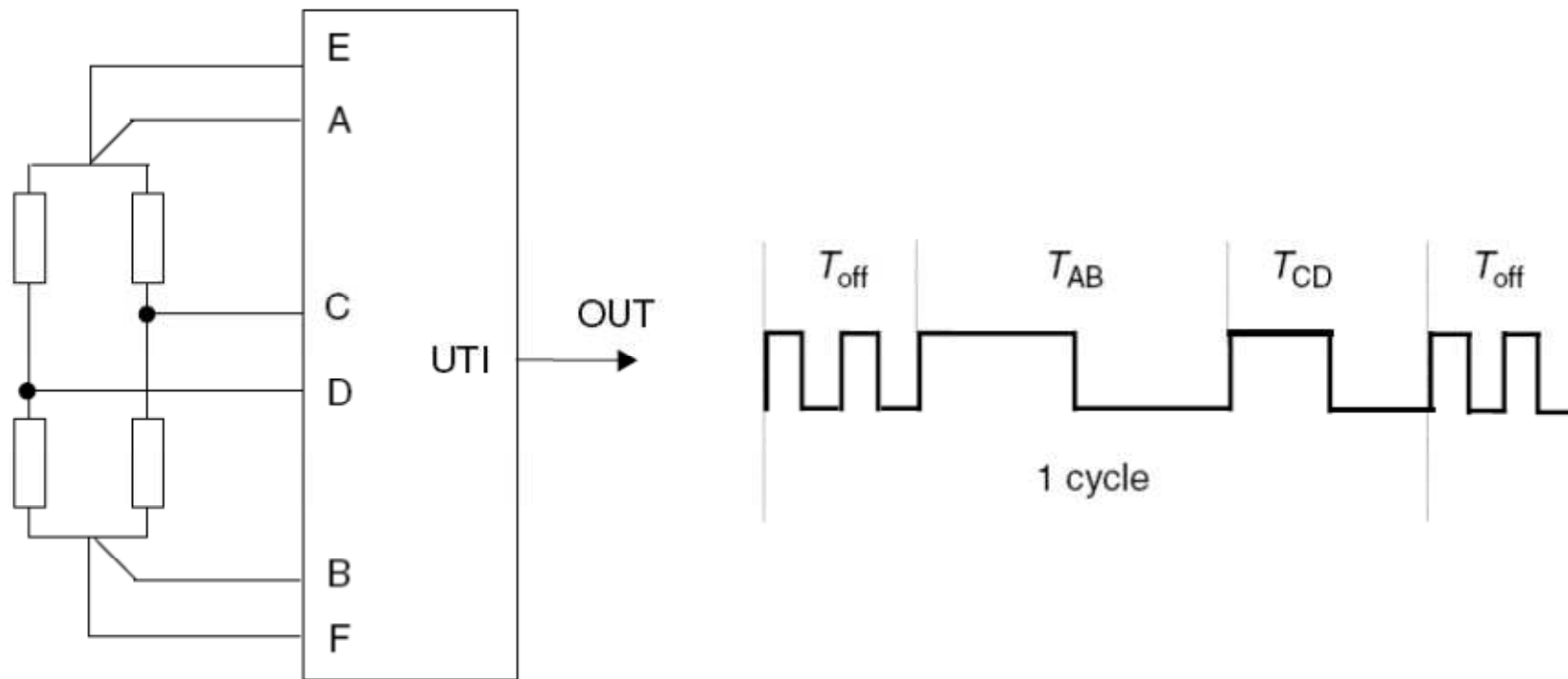
$$M_i = \frac{T_{xi} - T_{off}}{T_{ref} - T_{off}} = \frac{C_{xi}}{C_{ref}}$$

# UTI – rad sa platinskim senzorom



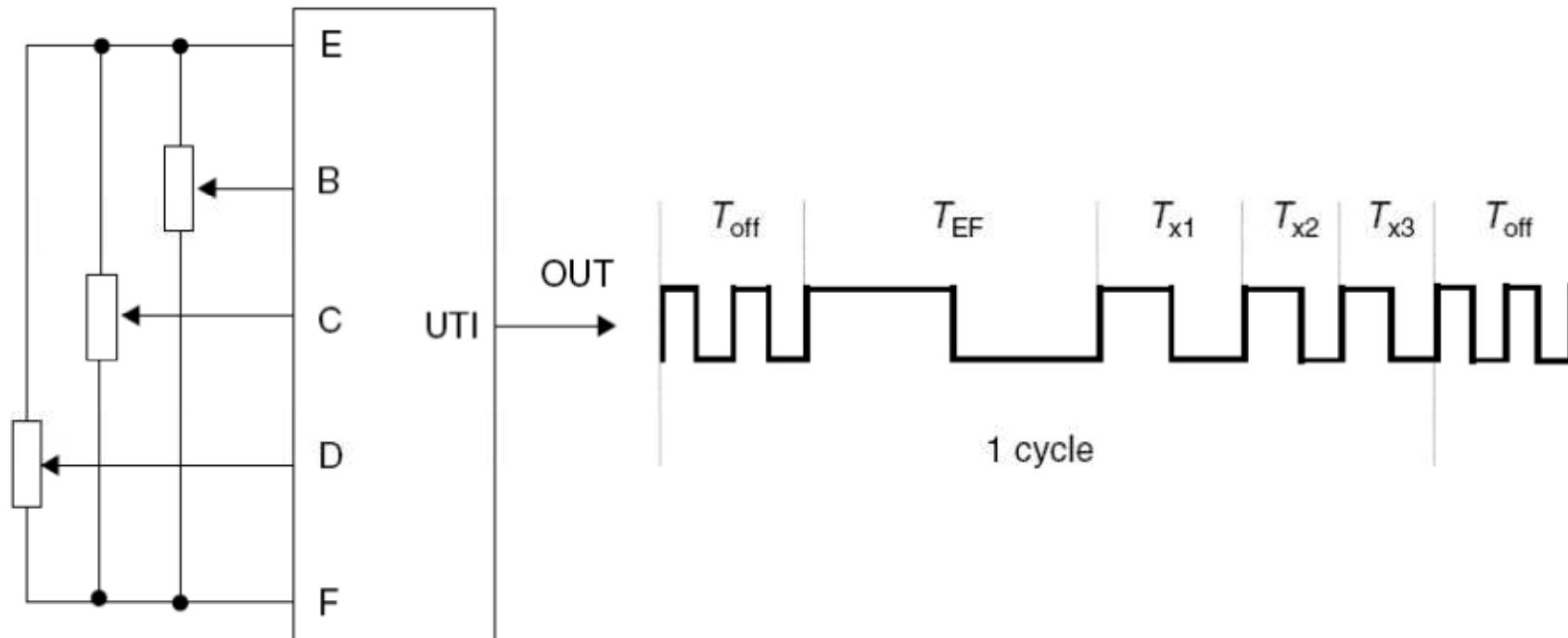
$$M = \frac{T_x - T_{off}}{T_{ref} - T_{off}} = \frac{R_x}{R_{ref}}$$

# UTI – rad sa mostom



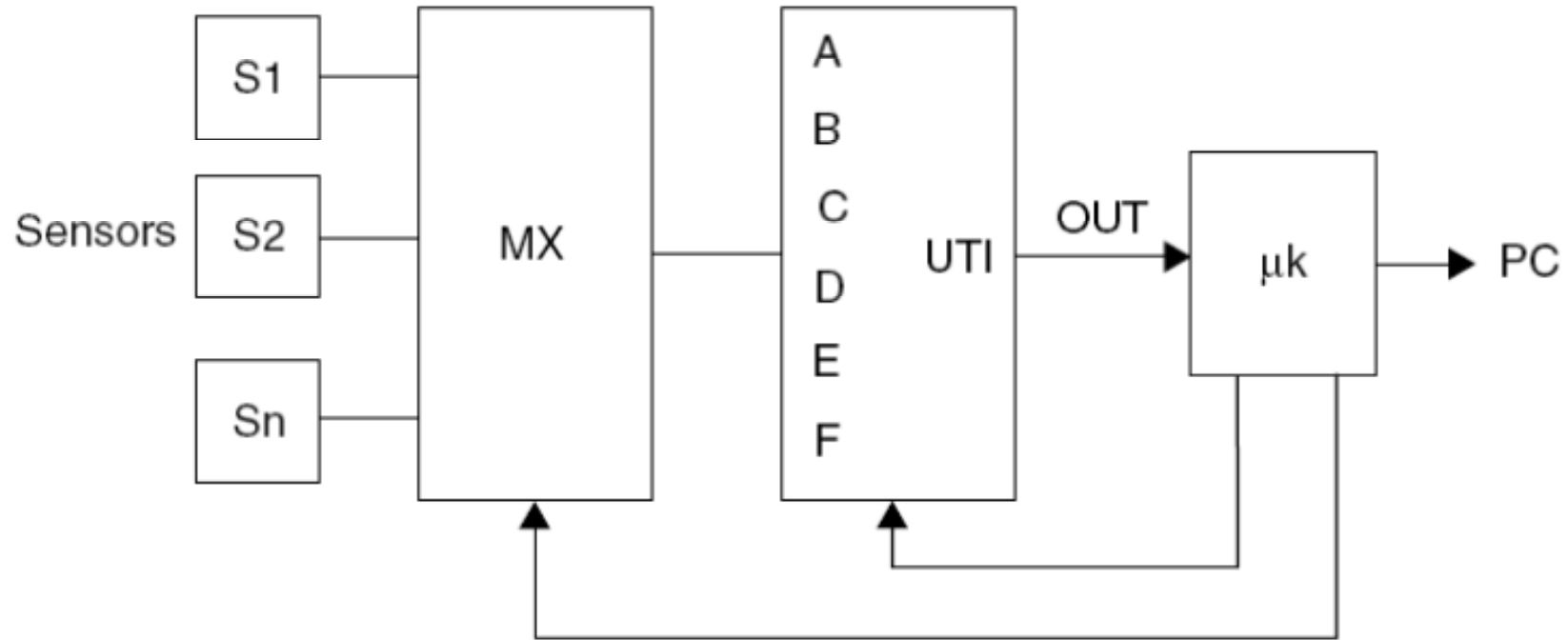
$$M = \frac{1}{32} \cdot \frac{T_{CD} - T_{off}}{T_{AB} - T_{off}} = \frac{V_{CD}}{V_{AB}}$$

# UTI – rad sa potencijometrima



$$M_i = \frac{T_{xi} - T_{off}}{T_{EF} - T_{off}} = \frac{R_{xi}}{R_{pi}}$$

# UTI – rad sa većim brojem senzora





# Povezivanje više UTI kola u sistem

