

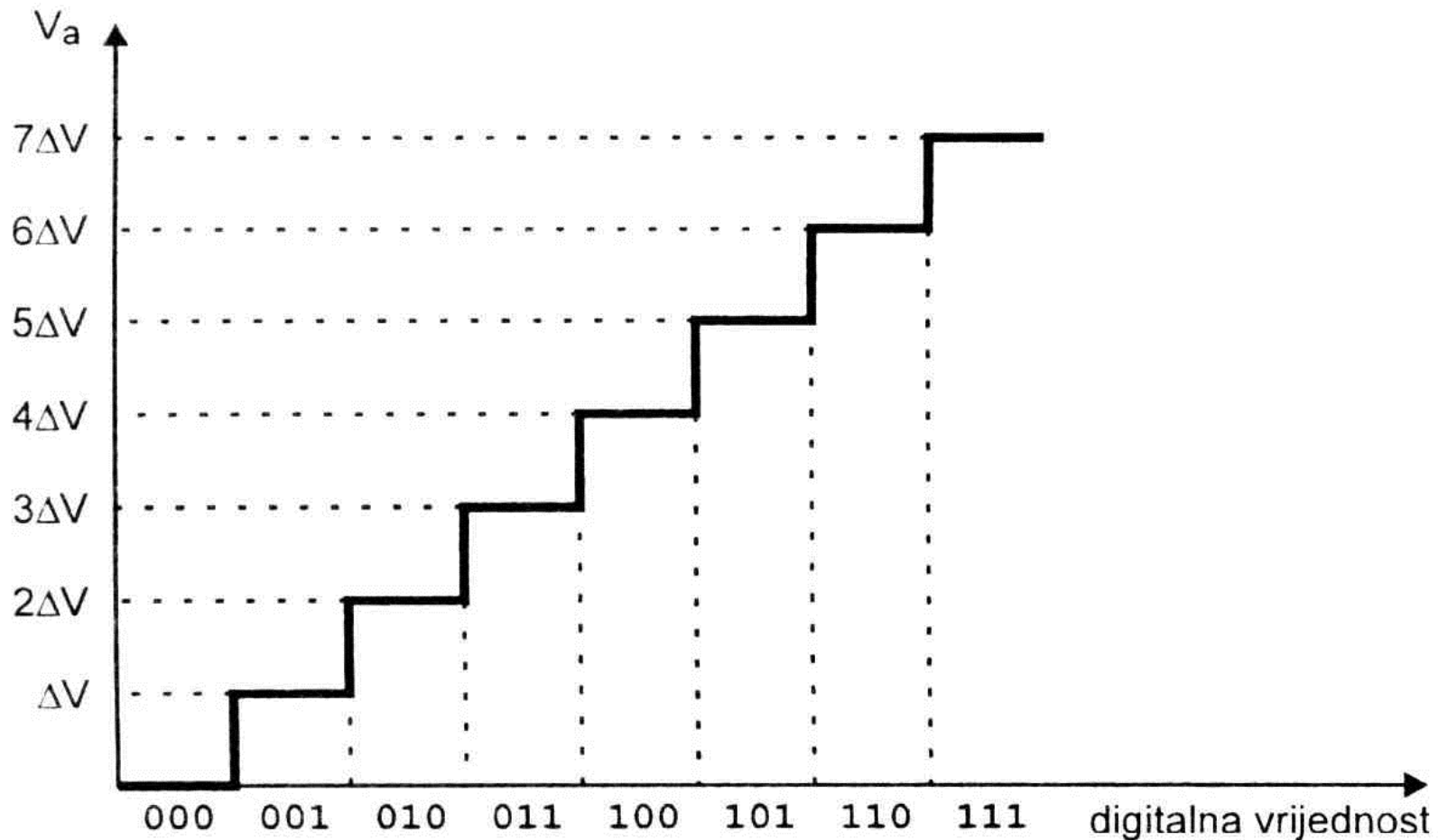


Analogno-

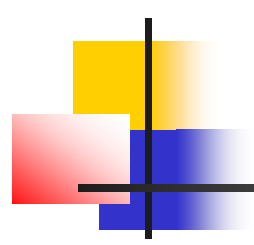
digitalni

konvertori

ADC ima inverznu funkciju od DACa



Zavisnost: analogni napon / digitalna vrijednost



Analogne velicine
mogu da se mjere i
prikazuju pomoću
analognih instrumenata

Čovjek obavlja funkciju AD konvertora (očitava skalu)



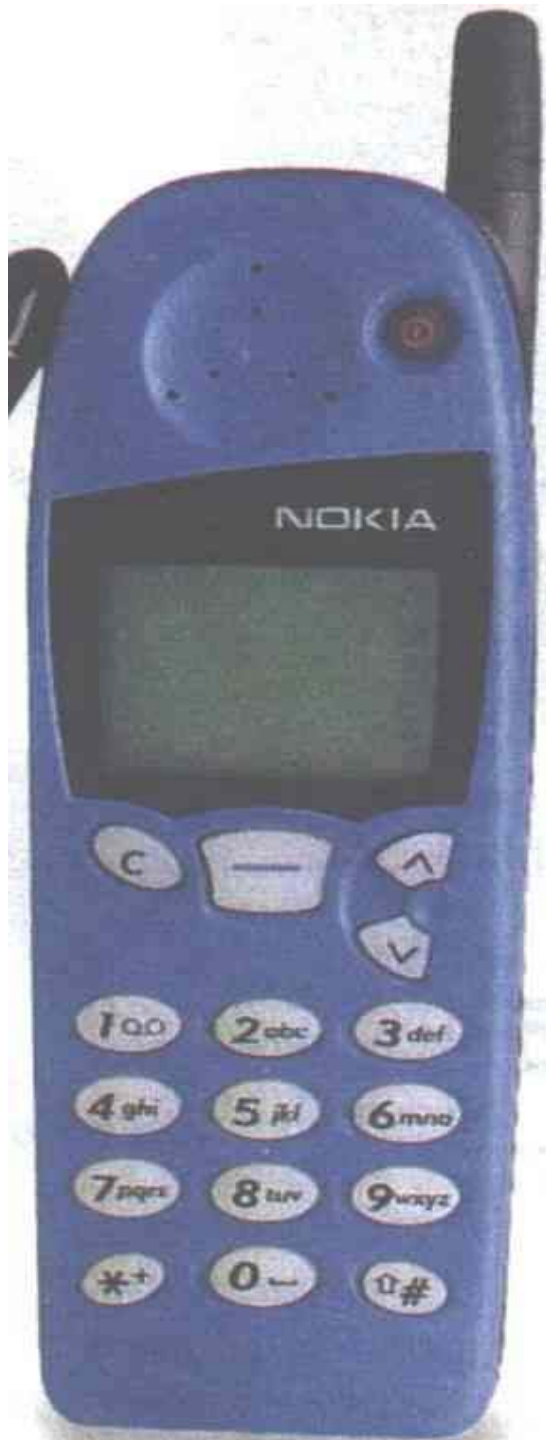
Ponekad očitavanje nije lako, a
čovjek može i da pogriješi





Zato savremeni uređaji koriste AD konvertore (skraćeno ADC)

- Mobilni telefoni
- Skeneri svih vrsta
- Džojstik uređaji
- Digitalni fotoaparati (kamere)
- Digitalni snimači zvuka
- Uređaji za najrazličitija mjerenja poput: vlage, temperature, kiselosti rastvora, čistoće vode, intenziteta buke, intenziteta svijetla, krvnog pritiska, napona, struje, otpora, težine,
- itd.



Mobilni telefoni u sebi sadrže obje vrste konvertora:

- AD konvertor (uz mikrofon)
- DA konvertor (uz zvučnik)



Skener
pomocú
ADC-a
pretvara
sliku u
digitalne
signale

Džojstik pomoću ADC-a konvertuje položaj u broj



Digitalni fotoaparati (kamera)



Digitalno snimanje zvuka

SONY

8 | **229.95**



Digitale Sprachspeicher mit 8 bzw. 16 Minuten

8 | **Digitales Diktiergerät SONY ICD-30**

Detailed description: A black Sony ICD-30 digital voice recorder with a small LCD screen, several buttons, and a carrying strap. The Sony logo is visible at the top.

Bis zu 20 Sek. Aufzeichnungsdauer

9 | **29.95**



9 | **Kugelschreiber Memo Pen**

Mit Hilfe des integrierten Micro-Chip lassen sich entweder 2 Nachrichten bis zu je 10 Sekunden oder eine Nachricht mit maximal 20 Sekunden aufnehmen. So können Sie Ihre

Detailed description: A black ballpoint pen with a silver band. An inset image shows the top of the pen, which has a small microphone and a lens, indicating its function as a voice recorder.

10 | **19.95**



10 | **Diktiergerät Memokey 320**

Ihre wichtigen Informationen, persönliche Nachrichten, Ideen oder Termine können Sie jetzt auf dem handli-

Detailed description: A small, black, keychain-style voice recorder with three buttons (red, blue, and a smaller one) and a lens. It is being held by a hand, showing its compact size.



Mjerenje vlage
i temperature



Mjerenje i prikaz kiselosti rastvora



Mjerenje
čistoće
vode

Ispitivanje
kvaliteta
vode

Schallpegel

35 bis

35 bis 130 dB
31.5 bis 8000 Hz



M
je
re
nj
e

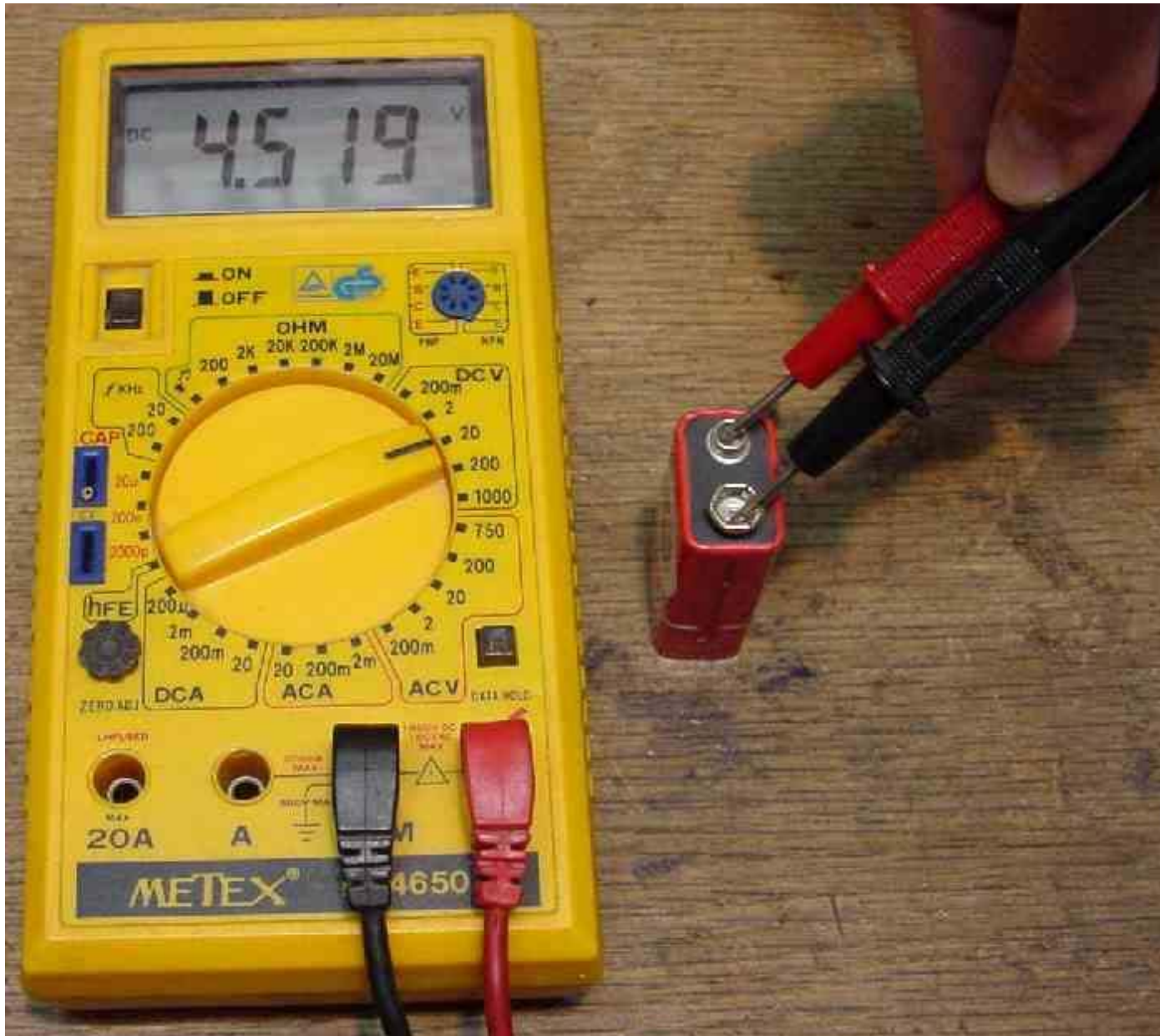
b
u
ke



Mjerenje
intenziteta
svjetla



Mjerenje
krvnog
pritiska



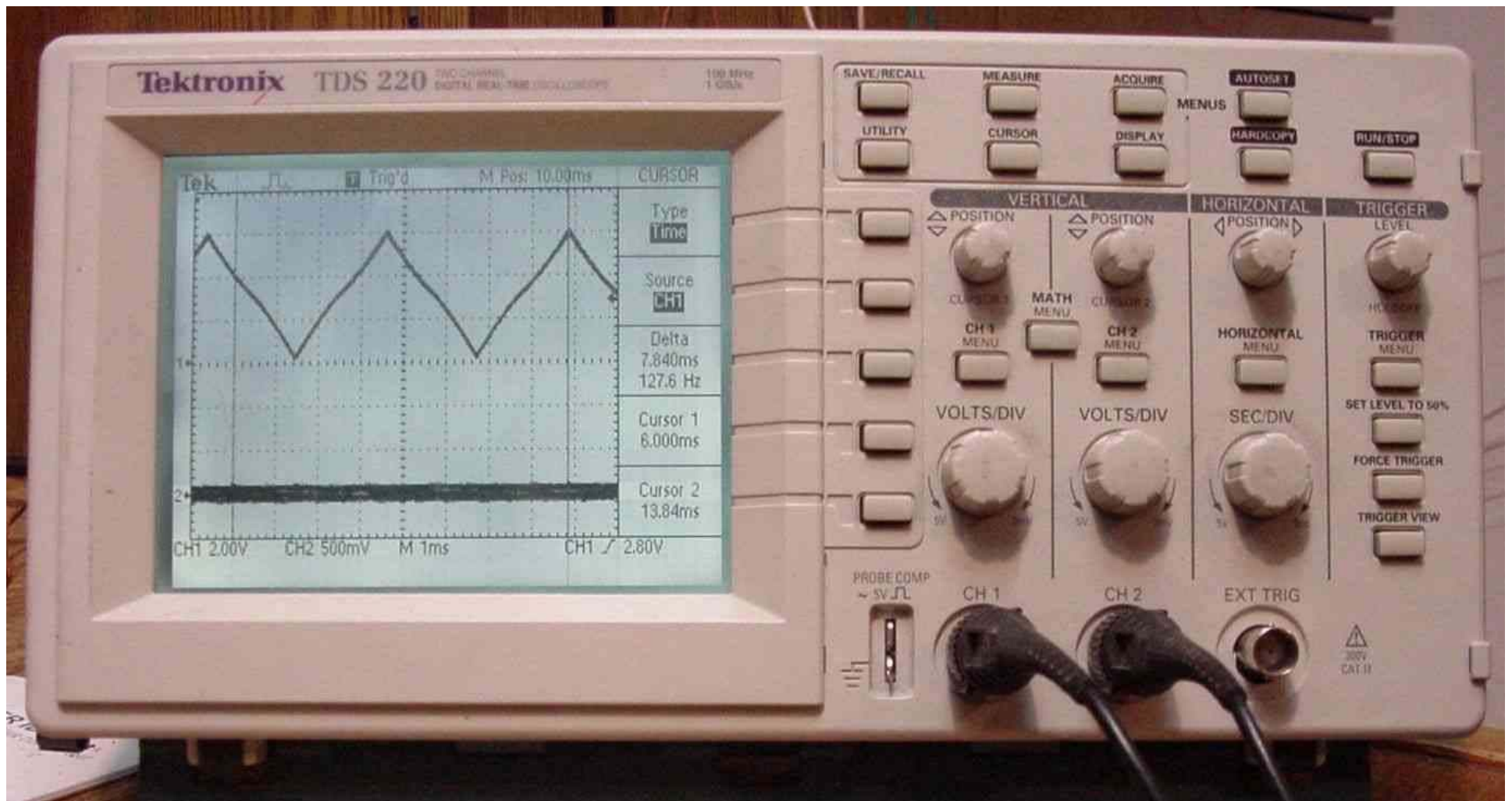
Digitalni
multi-
metar

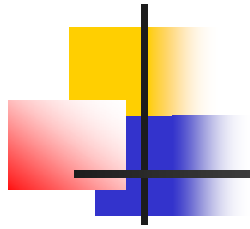
AVO
metar



DIGITAL VOLTMETER

Digitalni osciloskop

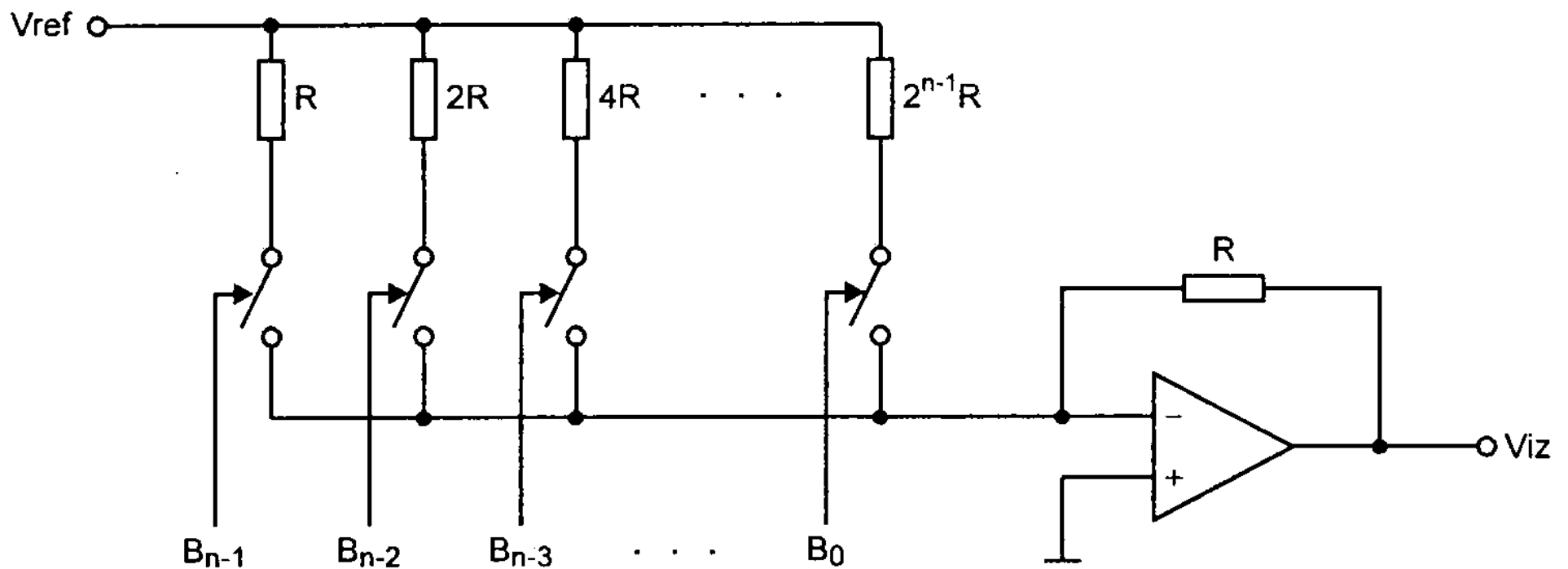




Princip rada AD konvertora

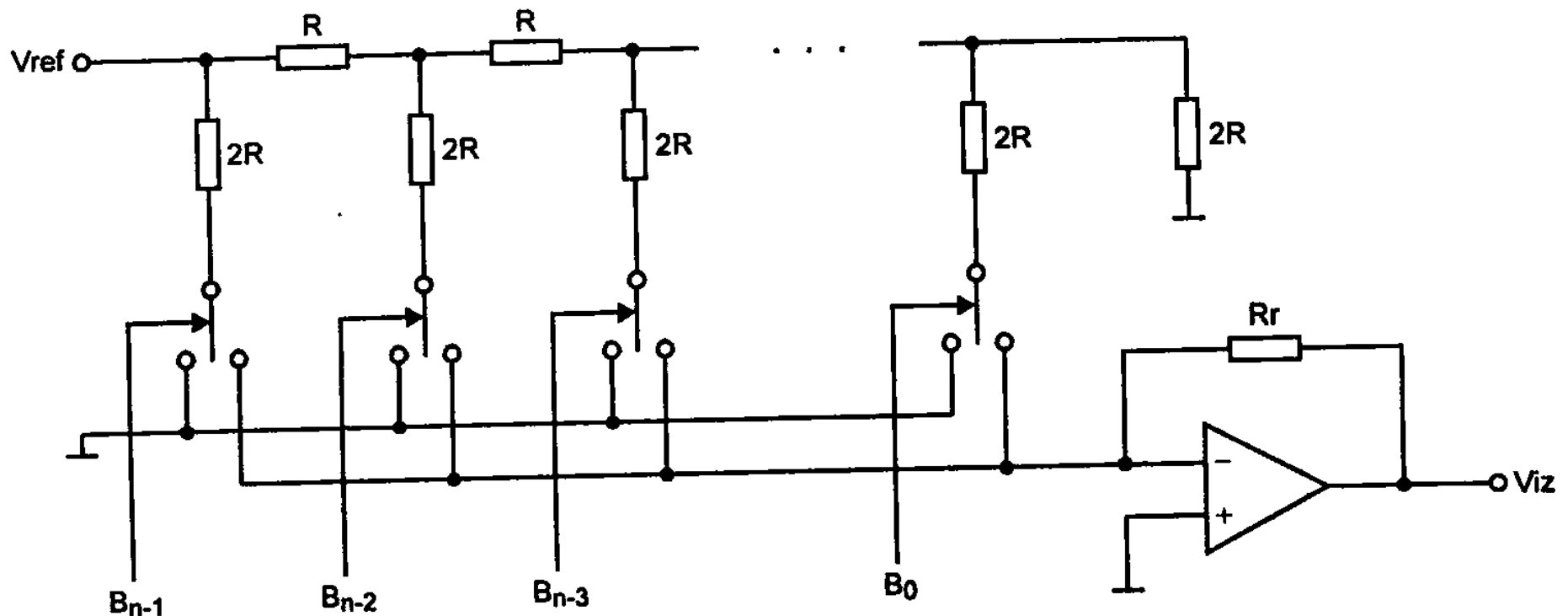
Kako ADC radi?

ADC se najčesse pravi pomoću DAC-a



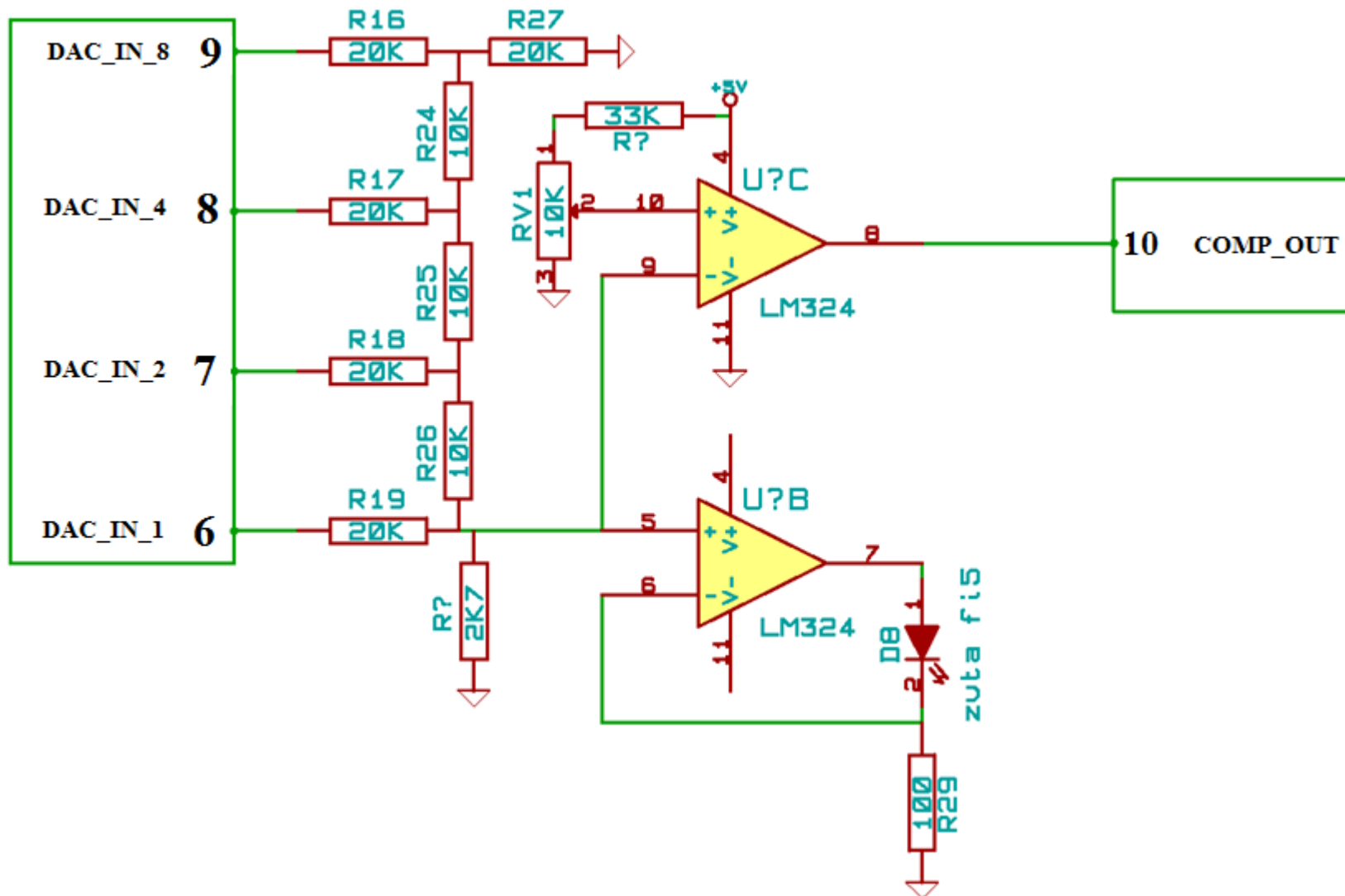
D-A konvertor na bazi težinske otporne mreže

Od svih DAC-ova najčešće se koristi DAC sa $2R/R$ mrežom

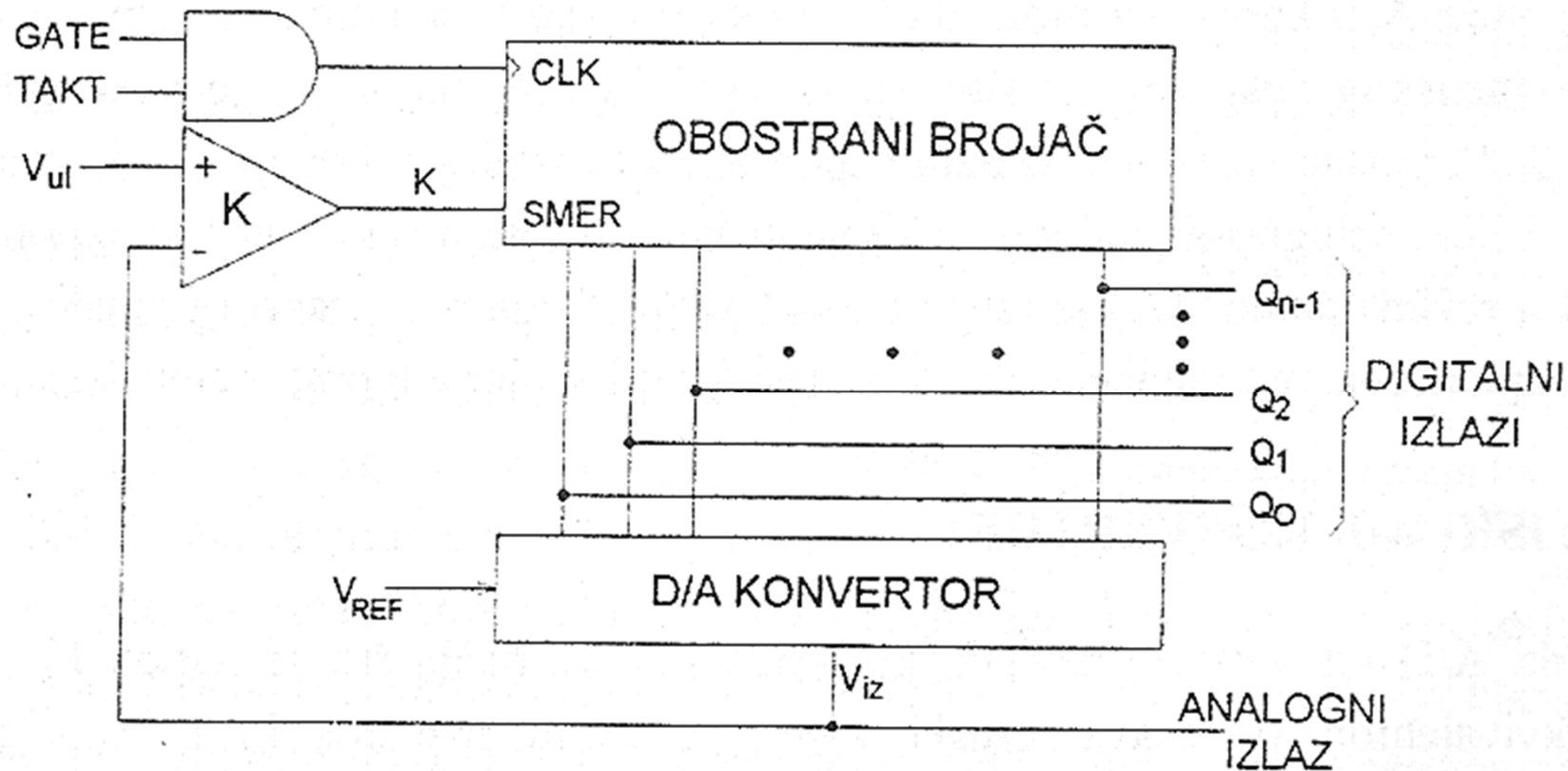


D-A konvertor sa $R/2R$ mrežom

Električna šema DAC i ADC na maketi

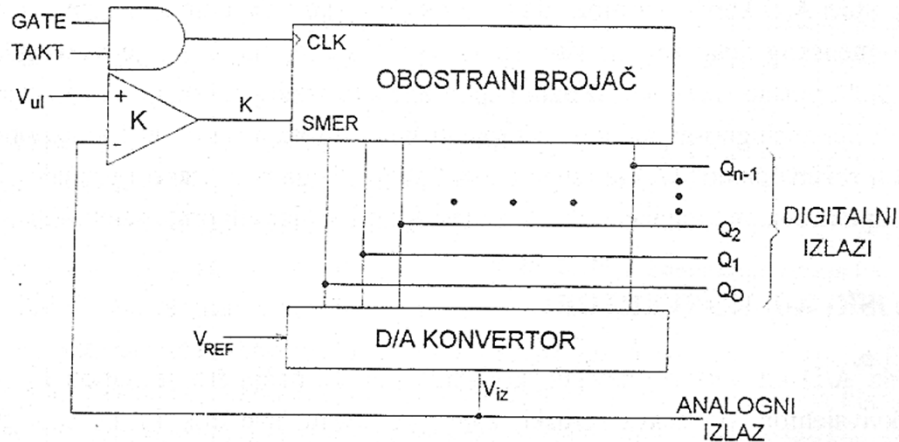


Prateća ADC - Hardverska realizacija

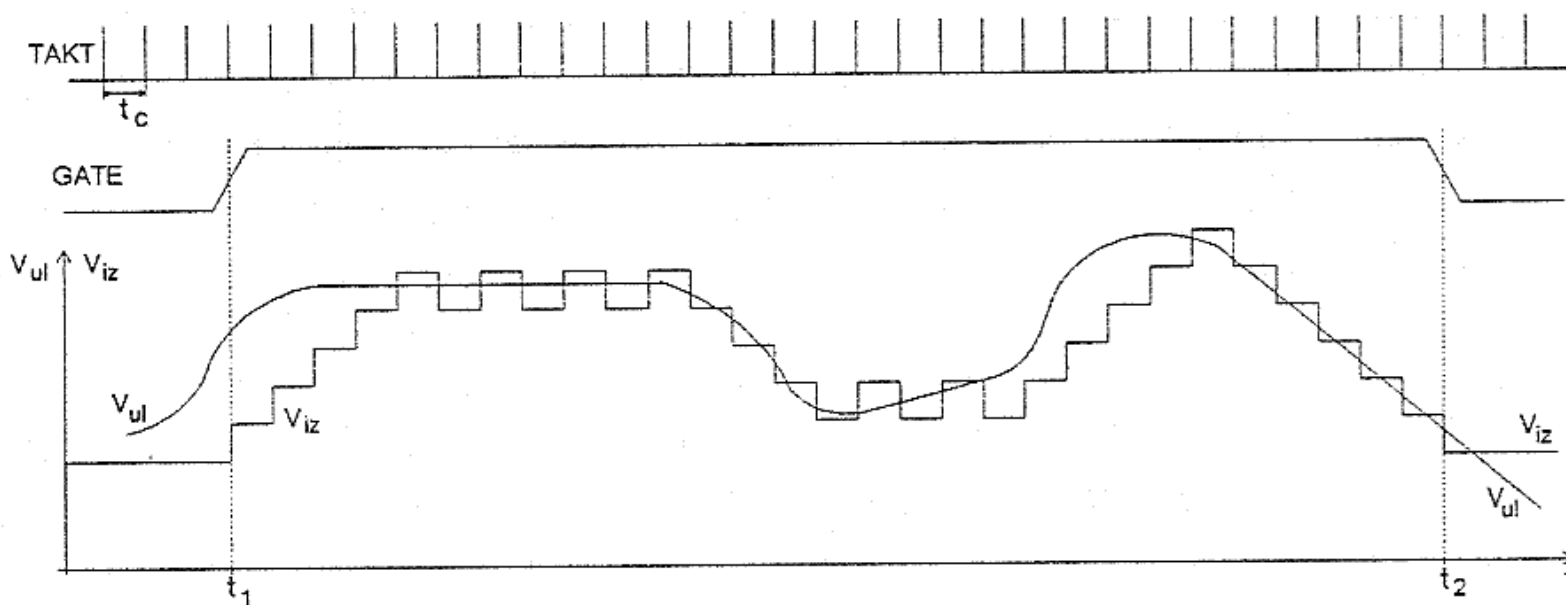


Zavisno od toga da li je ulazni napon veći ili manji od napona postavljenog na D-A konvertoru, komparator komanduje brojaču da broji naviše ili naniže.

Prateća ADC – Vremenski dijagrami i softverska podrška



```
void loop() {  
  if( digitalRead(COMP_OUT) ){  
    if(brojac<15)brojac++; }  
    else { if(brojac>0)brojac--; }  
  
    Serial.print("Digitalni ekvivalent je: ");  
    Serial.println(brojac);  
  
    SetDAC(brojac);  
    delay(1);  
  }  
}
```



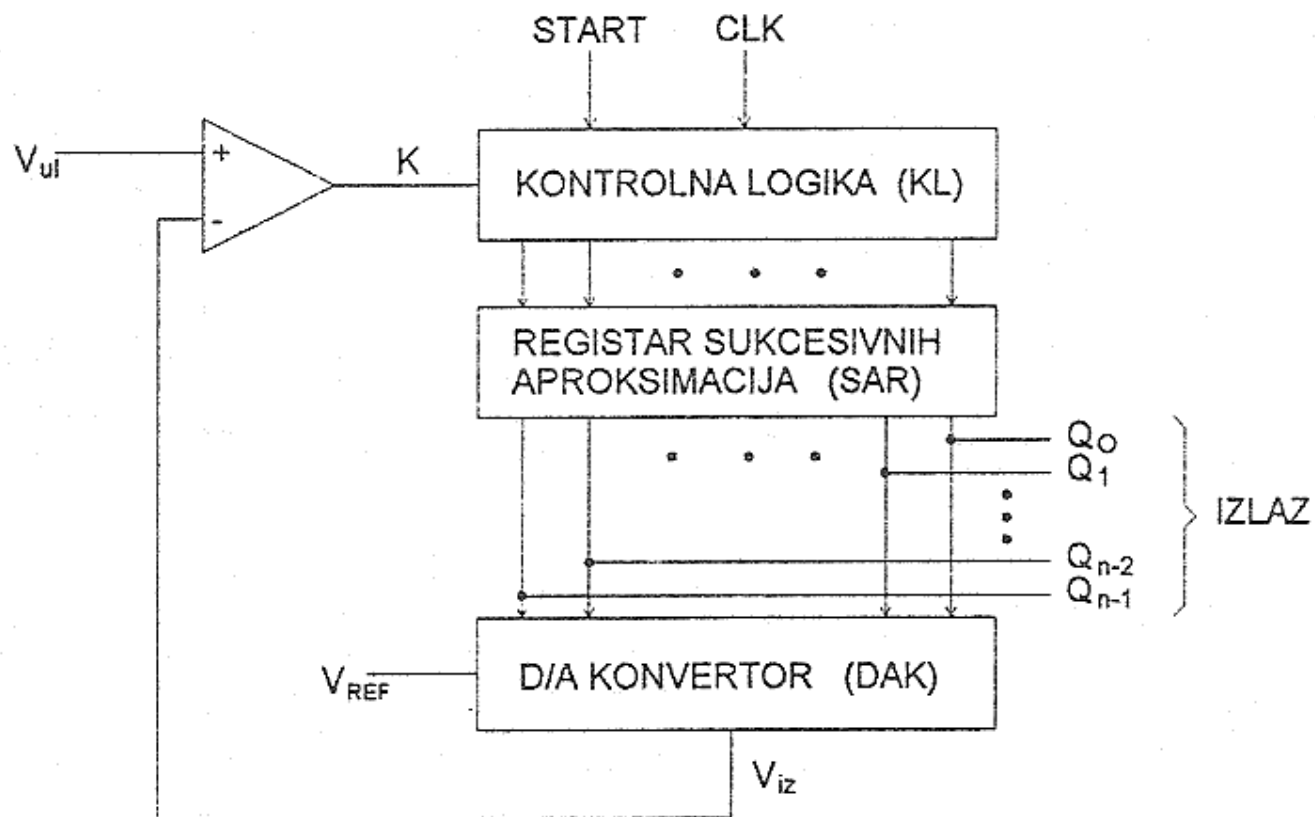
Softverska realizacija prateće ADC

```
void loop() {  
  if( digitalRead(COMP_OUT) ){ if(brojac<15)brojac++; }  
  else { if(brojac>0)brojac--;}  
  
  Serial.print("Digitalni ekvivalent je: ");  
  Serial.println(brojac);  
  
  SetDAC(brojac);  
  delay(1);  
}
```

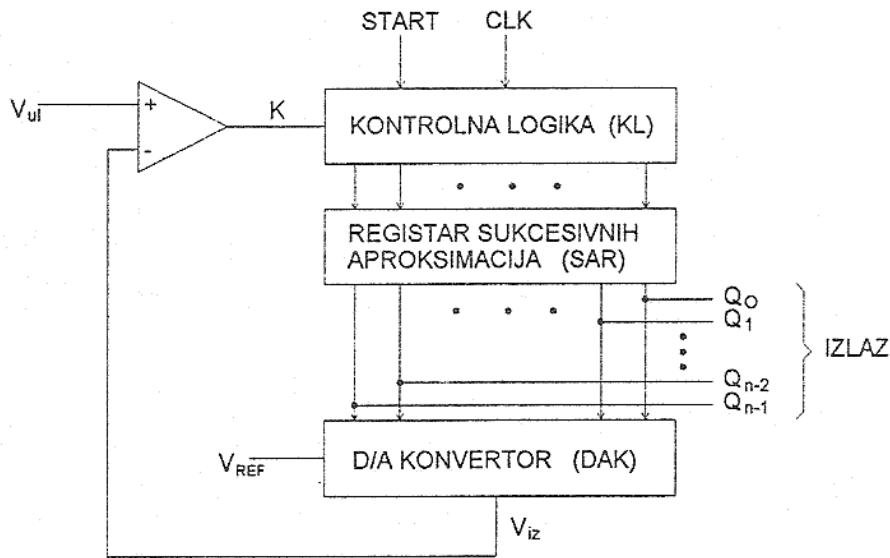
if(digitalRead(COMP_OUT)) je linija koda kojom čitamo stanje komparatora.

Rezultat konverzije se nalazi u promjenljivoj “brojac” i stalno prati ulazni napon.

Sukcesivna ADC - Hardverska realizacija

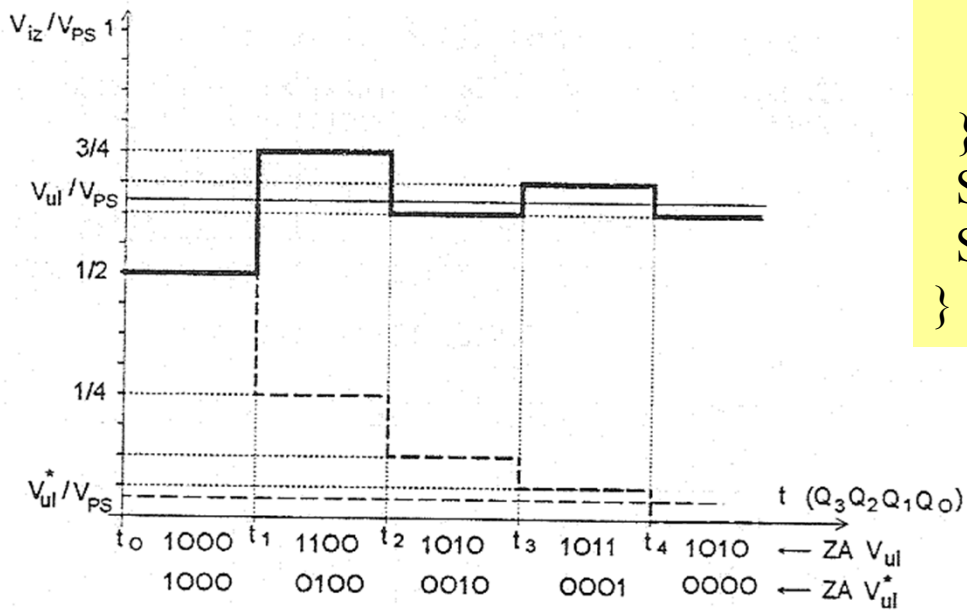


SAR = Registar sukcesivne aproksimacije



Sukcesivna ADC – Vremenski dijagrami i softverska podrška

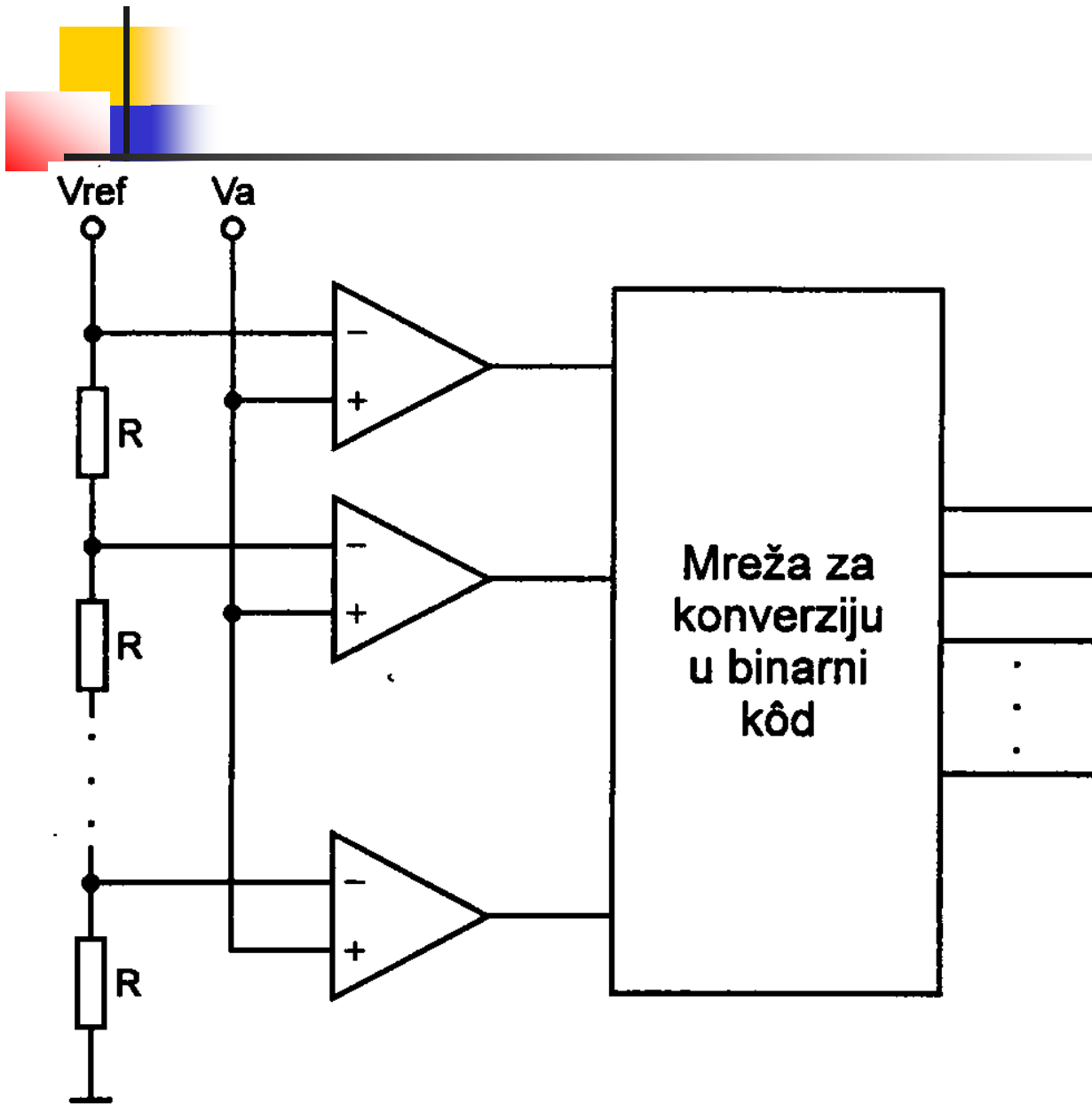
```
void loop() {
  napon=0;
  for(tezina=8; tezina; tezina/=2){
    napon+=tezina;
    SetDAC(napon); /*Upis na DA konvertor*/
    delay(1); /* da se postavi napon */
    if(!(digitalRead(COMP_OUT)))
      napon-=tezina;
  }
  Serial.print("Digitalni ekvivalent je: ");
  Serial.println(napon);
}
```





Softverska realizacija sukcesivne aproksimacije

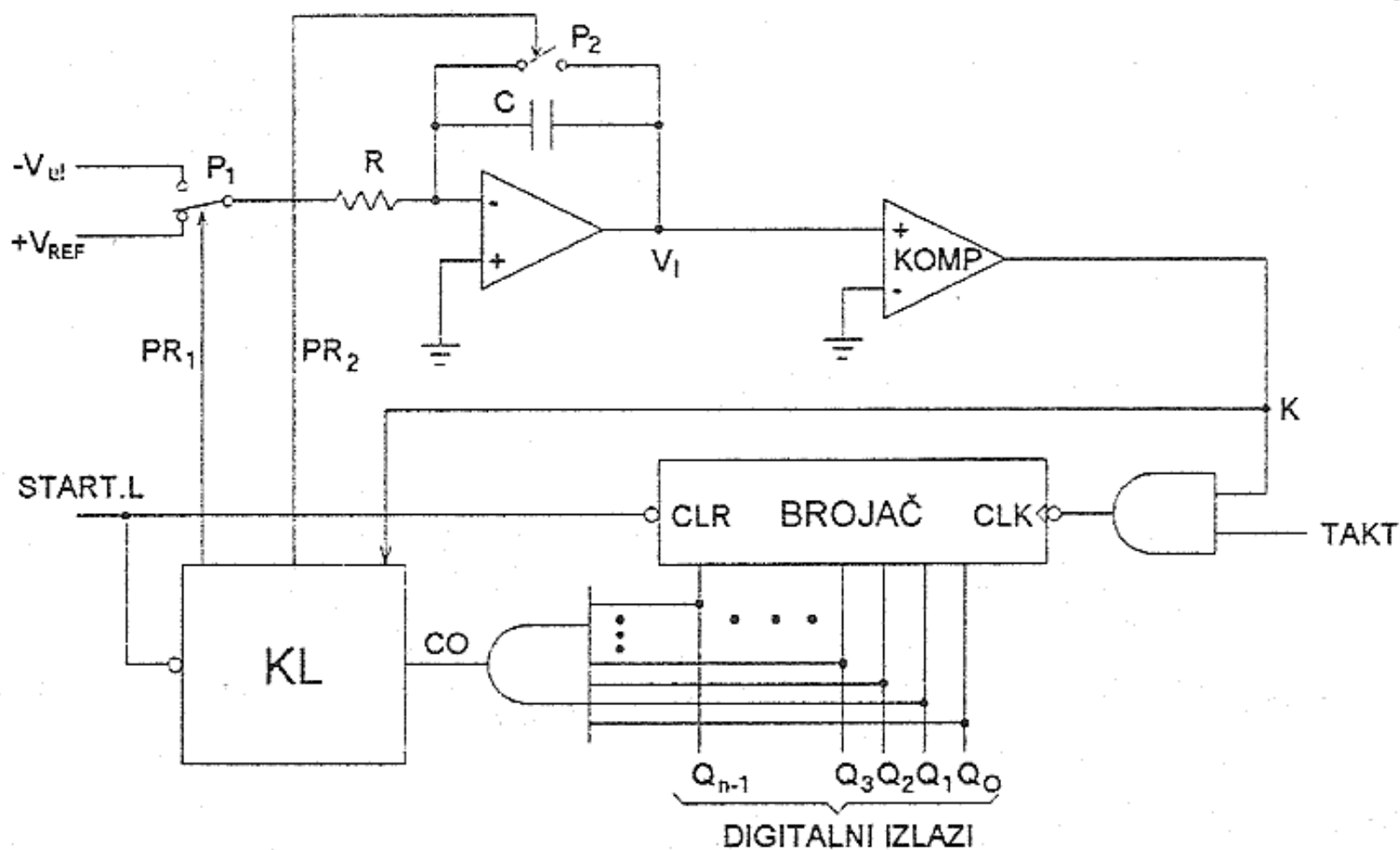
```
void loop() {  
  napon=0;  
  
  for(tezina=8; tezina; tezina/=2){  
    napon+=tezina;  
    SetDAC(napon); /*Upis na DA konvertor*/  
    delay(1); /* da se postavi napon */  
  
    if(!(digitalRead(COMP_OUT)))napon-=tezina;  
  }  
  
  Serial.print("Digitalni ekvivalent je: ");  
  Serial.println(napon);  
}
```



Paralelni
(fleš) AD
konvertori su
najbrži, ali
male
preciznosti
(4 do 8
bitova)

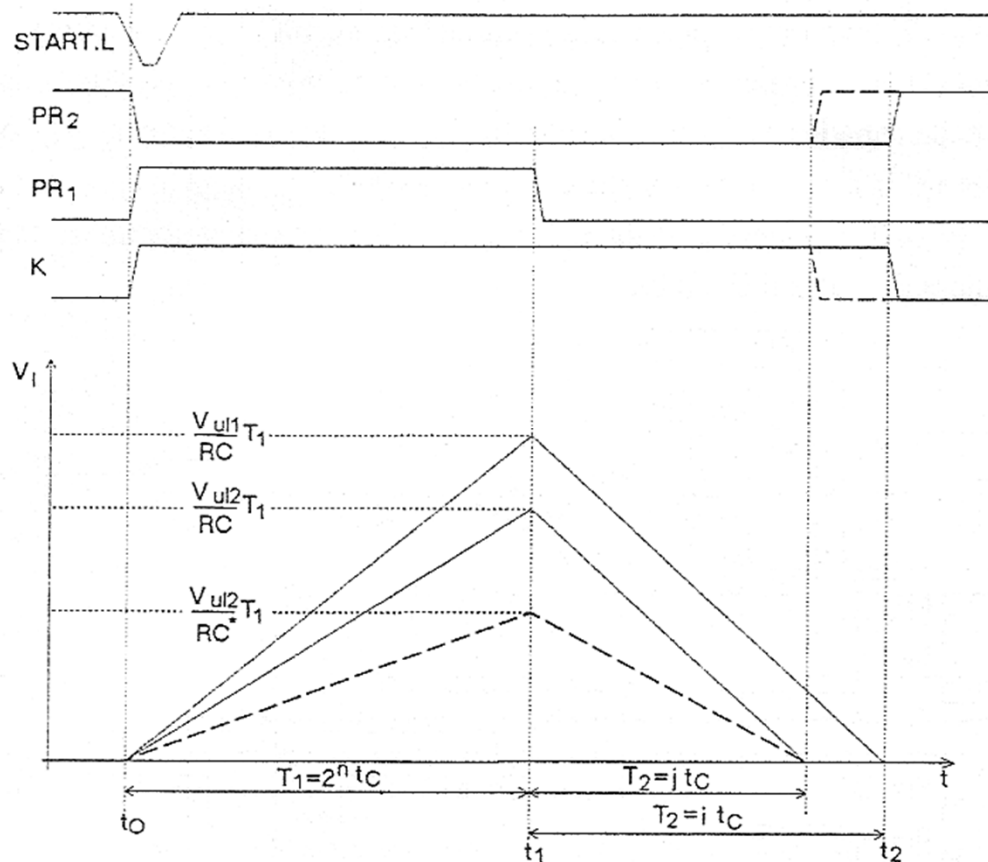
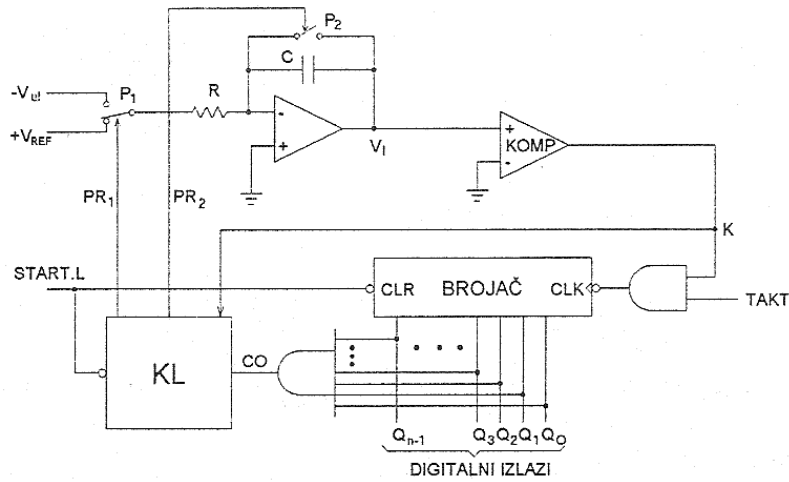
Konvertori sa dvojnou integracijom

Precizni, ali spori.



Konvertori sa dvojnomo integracijom

Integrator usrednjava mjereni signal i eliminiše smetnje



$$V_I(t_1) = \frac{1}{RC} \cdot \int_{t_0}^{t_1} V_{ul} dt$$

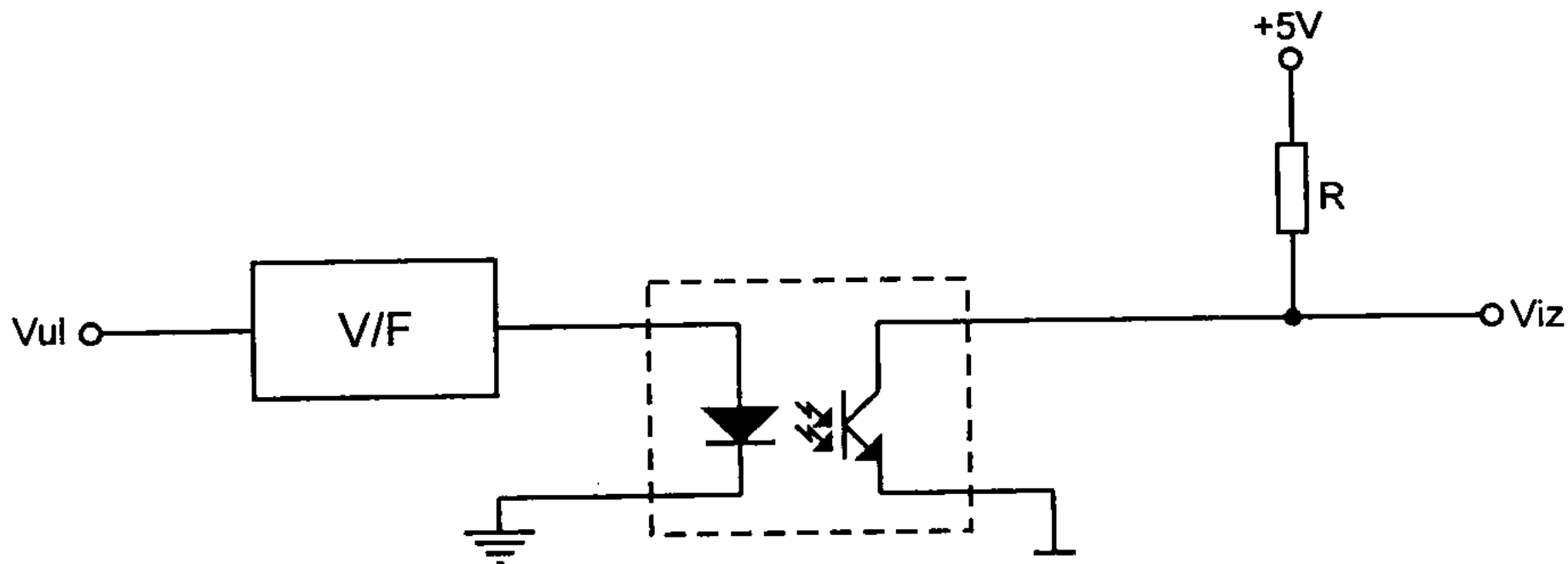
$$V_I(t_1) = \frac{V_{ul}}{RC} \cdot T_1 = \frac{V_{ul}}{RC} \cdot 2^n t_c$$

$$V_I(t_2) = -\frac{1}{RC} \cdot \int_{t_1}^{t_2} V_{REF} dt = V_I(t_1) - \frac{V_{REF}}{RC} \cdot T_2 = 0$$

$$\frac{V_{ul}}{RC} \cdot 2^n \cdot t_c - \frac{V_{REF}}{RC} \cdot i \cdot t_c = 0$$

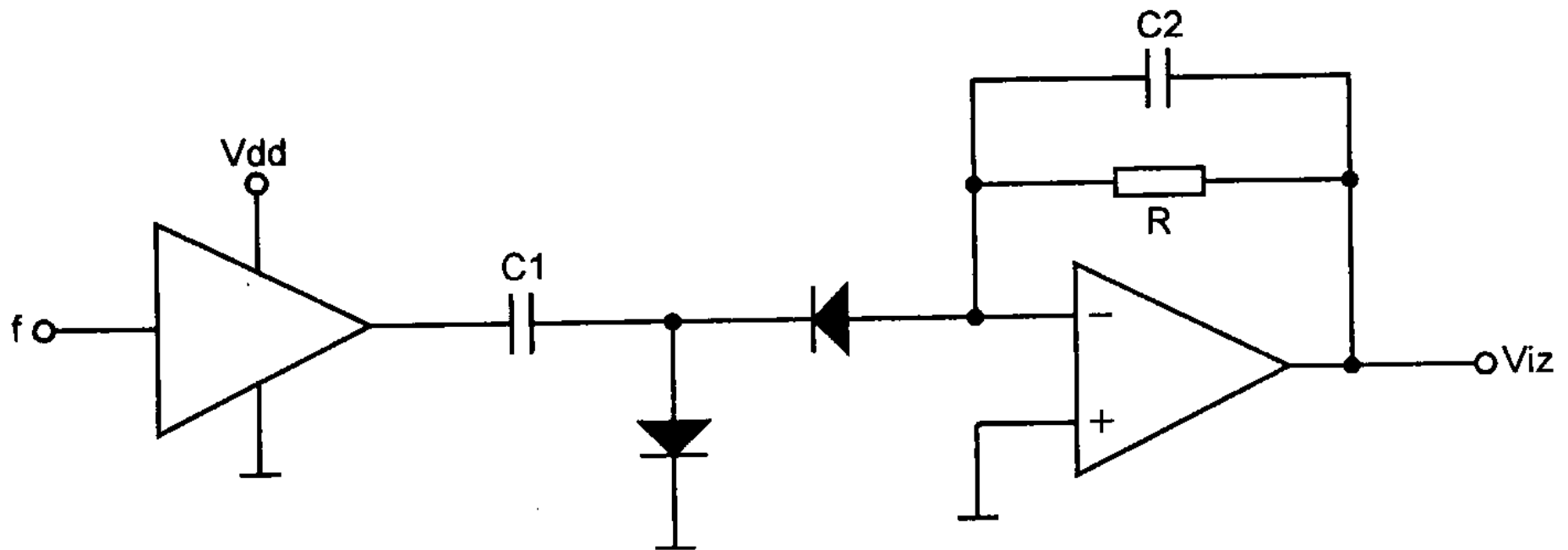
$$i = \frac{2^n}{V_{REF}} \cdot V_{ul}$$

V/F konvertor



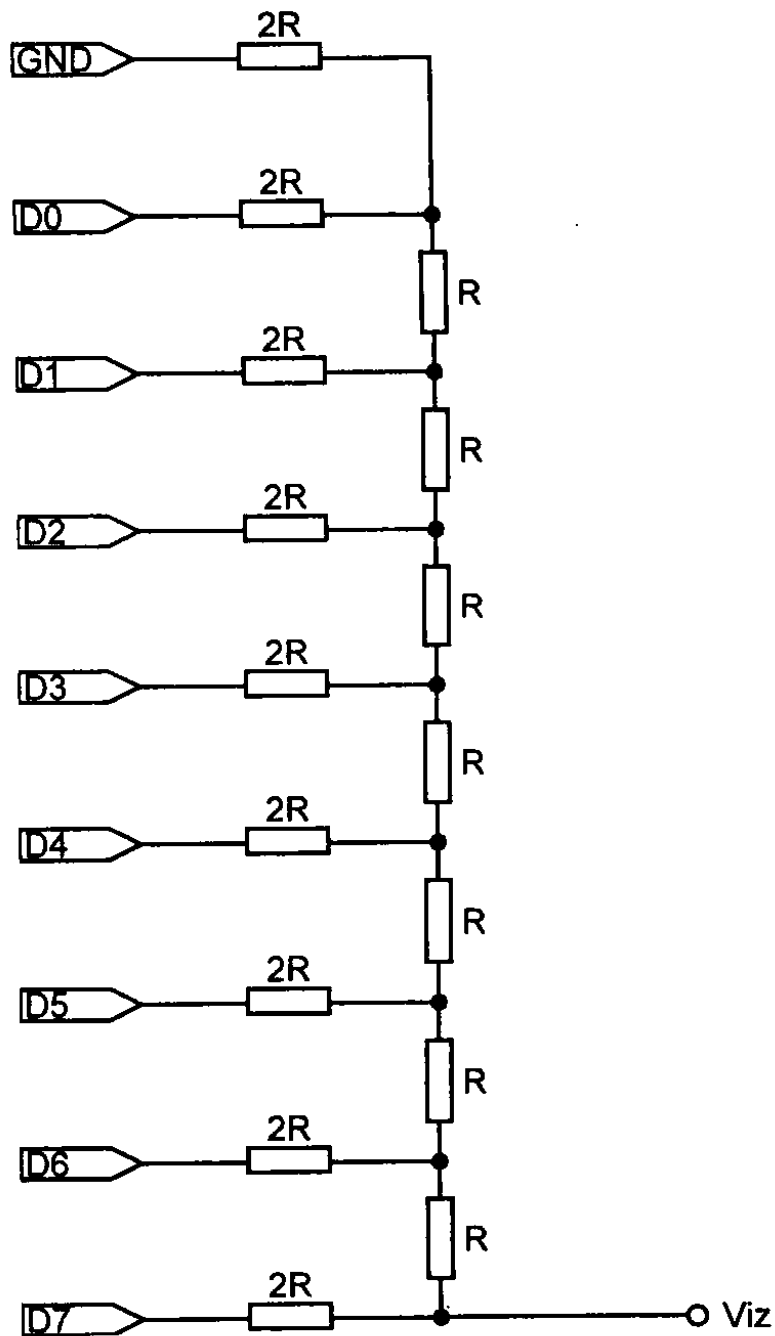
Od svih vrsta ADC, VF konvertor je najpogodniji za galvansko odvajanje.
Na slici je dat primjer galvanskog optičkog razdvajanja.

F/V konverzija na bazi diodne pumpe i kola za usrednjavanje



$$V_{iz} = R \cdot C_1 \cdot V_{dd} \cdot f = K \cdot f$$

$$(K = R \cdot C_1 \cdot V_{dd} = \text{const})$$



8 bitni DAC sa
2R/R mrežom koja
se vezuje direktno
na paralelni port
PC-a