



Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija odsek NIŠ

Katedra za Informaciono-komunikacione tehnologije

ELEKTRONSKA MERNÁ INSTRUMENTACIJA - EMI



Prof. dr Zoran Veličković, dipl. inž. el.

2019/2020.

Prof. dr Zoran Veličković, dipl. inž. el.

ELEKTRONSKA MERNA INSTRUMENTACIJA

Univerzalni elektronski merni brojači
(12)



Sadržaj

▶ UNIVERZALNI ELEKTRONSKI BROJAČI

- ▶ Opšte karakteristike

▶ MERENJE FREKVENCIJE

- ▶ Uobličavanje ulaznog signala
- ▶ Blok šema merenja frekvencije

▶ MERENJE PERIODE

- ▶ Oscilator vremenske baze
- ▶ Frekvencijska zavisnost oscilatora
- ▶ Kolpicov kristal-oscilator
- ▶ Rezonantna frekvencija kristala kvarca
- ▶ Delitelji vremenske baze
- ▶ Blok šema merenja periode

▶ MERENJE ODNOSA DVA SIGNALA

- ▶ Merenje frekvencijskog odnosa
- ▶ Merenje vremenskog intervala

▶ GREŠKA BROJANJA

- ▶ Pojam greške brojanja
- ▶ Hardversko rešenje
- ▶ Softversko rešenje

▶ MERENJE VISOKIH FREKVENCIJA

- ▶ Metoda sa preskalerom
- ▶ Heterodinska metoda

▶ ZADACI

- ▶ Merenje frekvencije
- ▶ Merenje periode

▶ LITERATURA

Univezalni elektronski brojači

➤ Konvencionalni brojači su **DIGITALNI ELEKTRONSKI INSTRUMENTI** koji MERE FREKVENCIJU ulaznog signala.

➤ **UNIVEZALNI ELEKTRONSKI BROJAČI** se obično dizajniraju da pored frekvencije mogu izmeriti **OSNOVNE PARAMETRE** u sistemima kao što su:

1. VREMENSKI PERIOD;
2. ODNOS FREKVENCIJA dva ulazna signala;
3. VREMENSKI INTERVAL između dva događaja i
4. UKUPAN ZBIR grupe događaja.

● $f = 0.5 \text{ Hz}$
 $T = 2.0 \text{ s}$

● $f = 1.0 \text{ Hz}$
 $T = 1.0 \text{ s}$

● $f = 2.0 \text{ Hz}$
 $T = 0.5 \text{ s}$

➤ **PODSETNIK:** Jedinica za vreme ili interval vremena je sekunda (oznaka: s).

➤ Sekunda je trajanje od 9 192 631 770 perioda zračenja koje odgovara prelazu između dva hiperfina nivoa osnovnog stanja atoma cezijuma 133.

Merenje frekvencije

- ▶ **FREKVENCIJA** f periodičnog signala može se definisati kao **BROJ PERIODA** merenog signala u **JEDINICI VREMENA**, i može se predstaviti količnikom:

frekvencija

$$f = \frac{n}{t}$$

broj perioda periodičnog signala

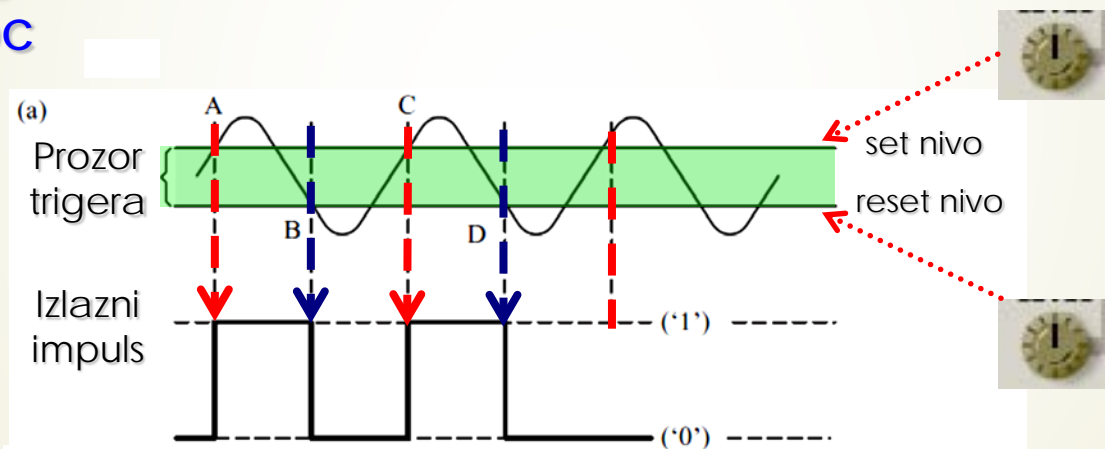
u poznatom vremenskom intervalu

- ▶ Ako je vremenski period unapred definisan i iznosi $t = 1$ s, onda se frekvencija izražava kao **n CIKLUSA U SEKUNDI** ili **n HERCA**.
- ▶ Jasno je da je **TAČNOST MERENJA** frekvencije određena **TAČNOŠĆU** sa kojim se može odrediti **VREMENSKI INTERVAL** t .
- ▶ Iz ovog razloga se u mnogim brojačima kao referenca koristi **OSCILATOR SA KVARCOM** frekvencije 1,5 MHz ili 10 MHz kao **OSNOVA VREMENSKE BAZE**.

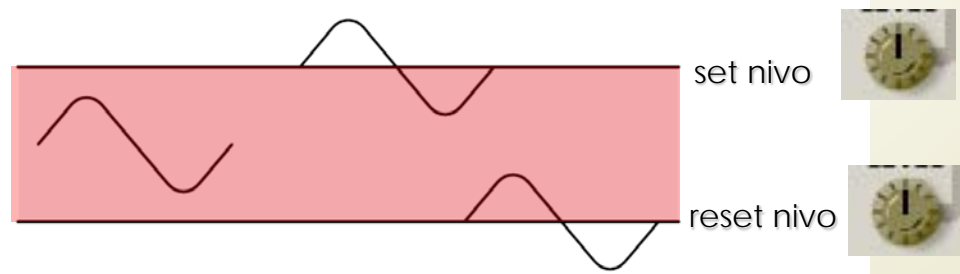
Uobličavanje ulaznog signala (1)

- ▶ Da bi se sa **VELIKOM TAČNOŠĆU** odredio vremenski interval, mereni signal se **UOBLIČAVA ISTICANJEM PERIODE SIGNALA**.
- ▶ Uobličavanje mernog signala se obavlja **ELEKTRONSKIM SKLOPOM** koji se naziva **UOBLIČAVAČ**.
- ▶ **UOBLIČAVAČ** mernog signala se sastoji od sledećih sklopova:
 - ▶ Atenuator,
 - ▶ Uobličavač,
 - ▶ Konvertor impedanse,
 - ▶ Šmit triger.
- ▶ Pored **UOBLIČAVANJA** treba obezbediti i mogućnost postavljanja **KOREKTNOG NIVOVA** mernog signala.
- ▶ Na sledećem slajdu je prikazan **DOBRO**, odnosno, **LOŠE** postavljen nivo mernog signala.

Uobličavanje ulaznog signala (2)

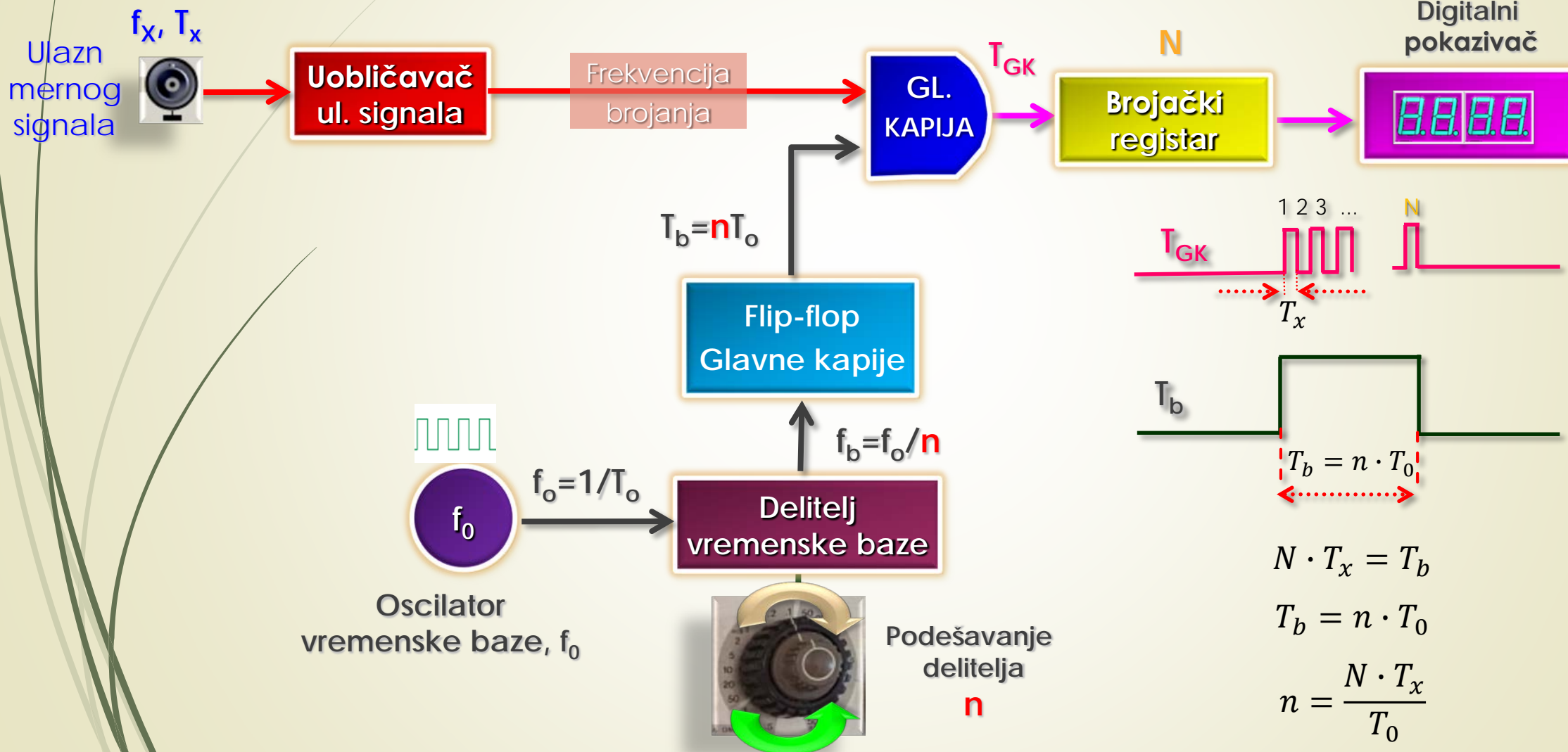


Korektno
postavljeni trigeri



Nekorektno
postavljeni trigeri

Merenje frekvencije – blok šema



Oscilator vremenske baze

- ▶ Jedna od najvažnijih karakteristika svakog oscilatora je njegova **FREKVENCIJSKA STABILNOST** (u vremenu).
- ▶ **FREKVENCIJSKA STABILNOST OSCILATORA** vremenske baze treba da bude **OČUVANA** u slučaju varijabilnih karakteristika okruženja i **PROMENE RADNIH USLOVA**.
- ▶ Neki od **FAKTORA** koji imaju **UTICAJA** na frekvencijsku stabilnost su:
 - ▶ Varijacije temperature;
 - ▶ Varijacija opterećenja;
 - ▶ Promenama napona napajanja.
- ▶ Frekvencijska stabilnost izlaznog signala se može **UNAPREDITI** odgovarajućom **SELEKCIJOM KOMPONENATA** korišćenih u rezonantnoj povratnoj vezi.
- ▶ Za dobijanje vrlo **VISOKE STABILNOSTI OSCILATORA** vremenske baze koristi se **KRISTAL KVARCA**, tako da su ovi oscilatori poznati pod imenom engl. *Quartz Crystal Oscillator (XO)*.

Frekvencijska zavisnost XO oscilatora

Type	Application	Temperature Stability (+/- ppm) 0-70°C	Ageing (+/- ppm/year) starenje	Short Term Stability (ppb)
Basic quartz crystal	Miscellaneous applications	10 to 100	2 to 5	-Oscillator Dependent
Uncompensated crystal oscillators	Digital systems & microprocessor clocks	20 to 1000	1	> 1
Temperature compensated crystal oscillators (TCXO)	Telecomm, test instruments, satellite communication	0.1 to 5	1	0.2 to 1
Voltage controlled crystal oscillators (VCXO)	Telecomm, cellular, GPS, as a component in TCXOs and PLLs	20 to 100	1	0.2 to 1
Oven controlled crystal oscillators (OCXO)	Frequency counters, spectrum and network analysers, navigation and defence base stations	0.0001 to 5	0.1 ppb/day to 2 ppb/day	0.005
Digitally or Microprocessor compensated crystal oscillators (DCXO/MCXO)	Video, military, telecomm, high end base stations	0.05 to 1	0.1 ppb/day to 1 ppm/yr	0.5

Kontrolisano zagrevanje kućišta



NIJE PO ISO-U !!

ppm - One part per million

1% = 10000 ppm

ppb - One part per billion

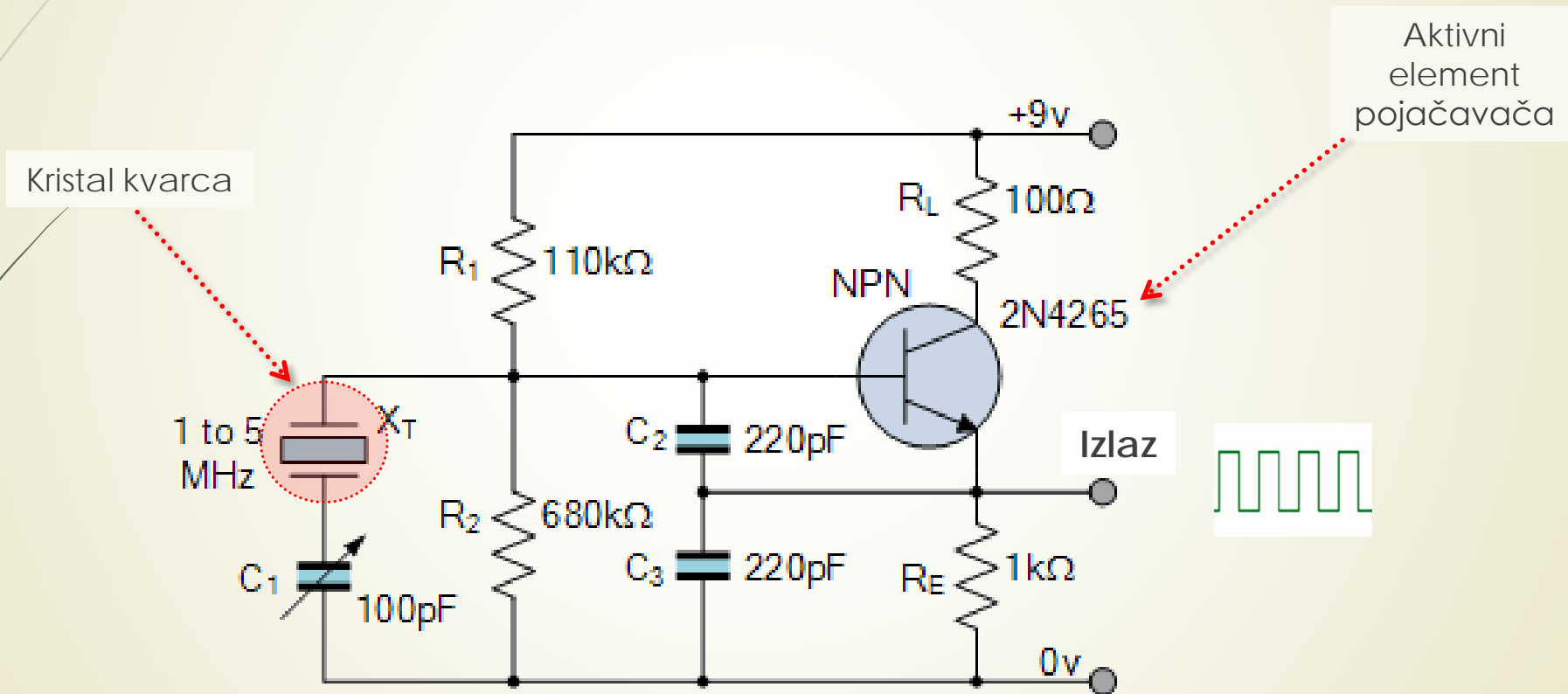
1% = 10000000 ppm

ppt - One part per trillion 10^{-12}

ppq - One part per quadrillion 10^{-15}

- U nauci i inženjerstvu, ppm (engl. *parts per million* – (jedan) deo na milion) označava milioniti deo jedne celine, i koristi se za vrlo velika razblaženja, npr. u hemiji.

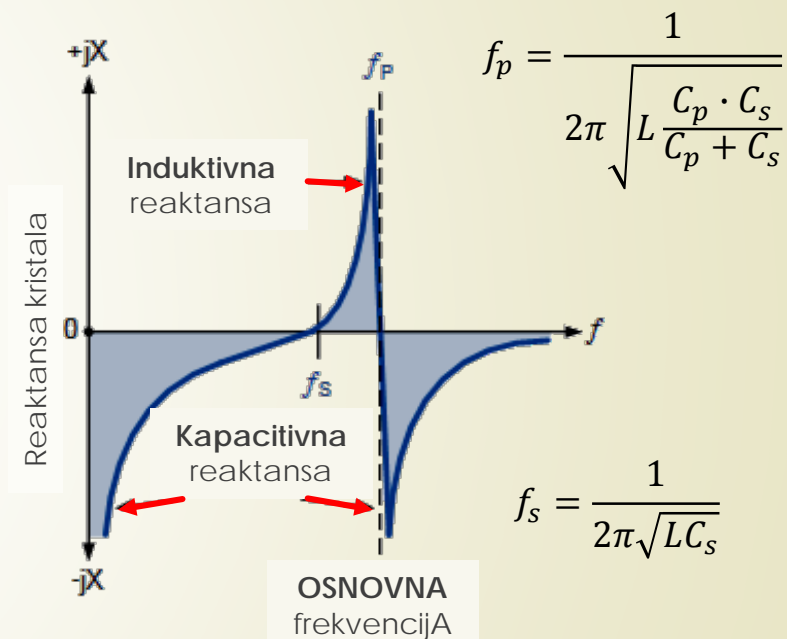
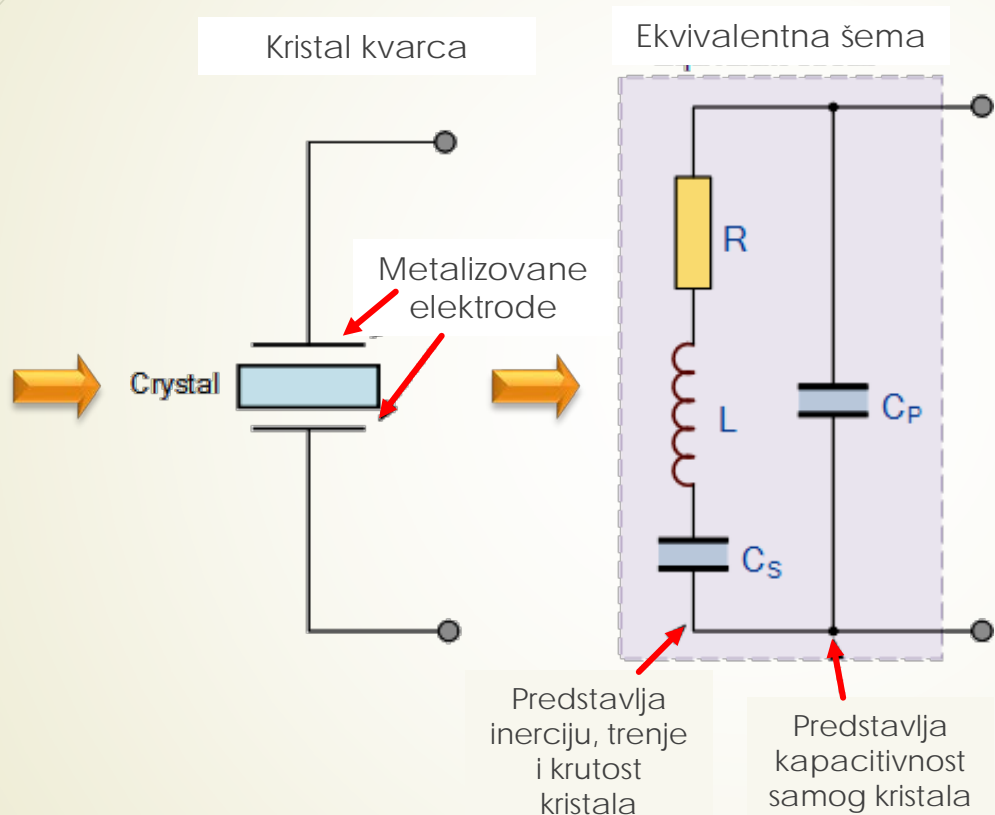
Električna šema Kolpicovog kristal-oscilatora



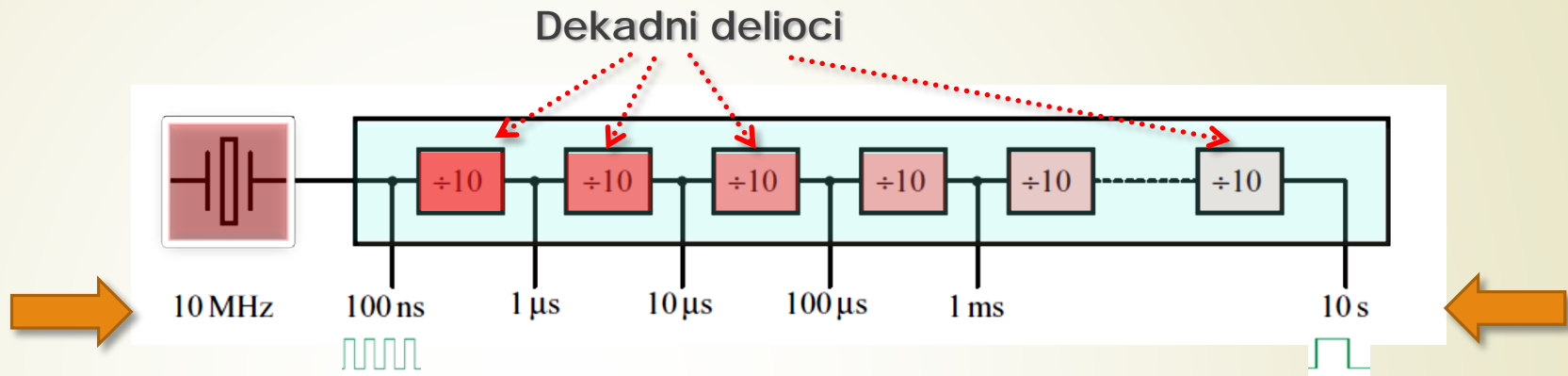
Rezonantna frekvencija kristala kvarca



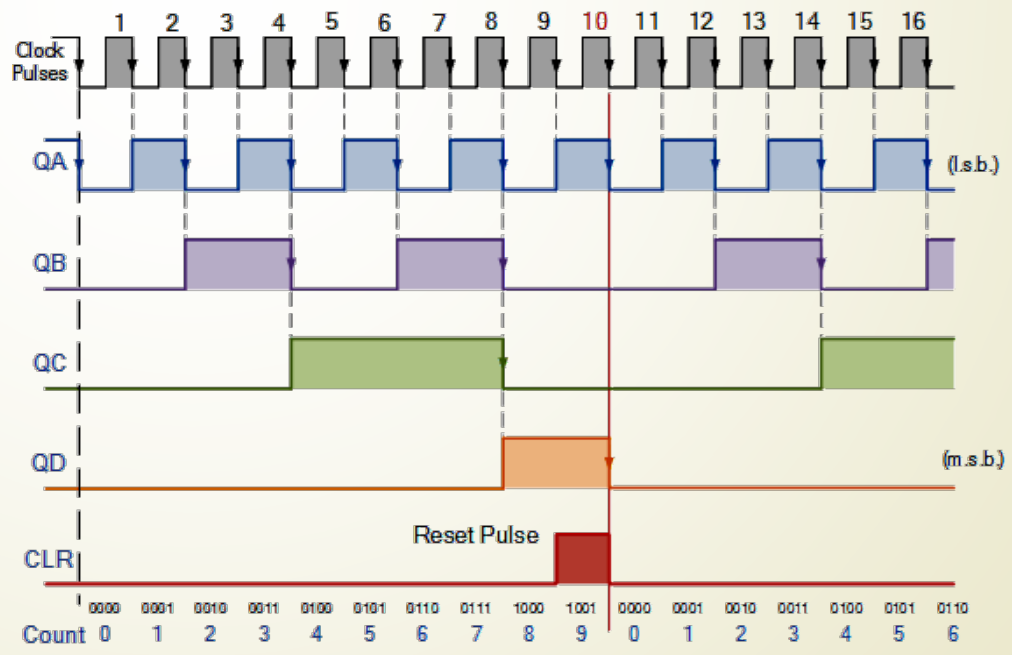
DCXO



Delitelji vremenske baze - 10 MHz



**Dekadni brojač
kao dekadni
delioci**



Merenje periode

- **PERIODA** ulaznog signala T , je **INVERZNA NJEGOVOJ FREKVENCiji**, odnosno:

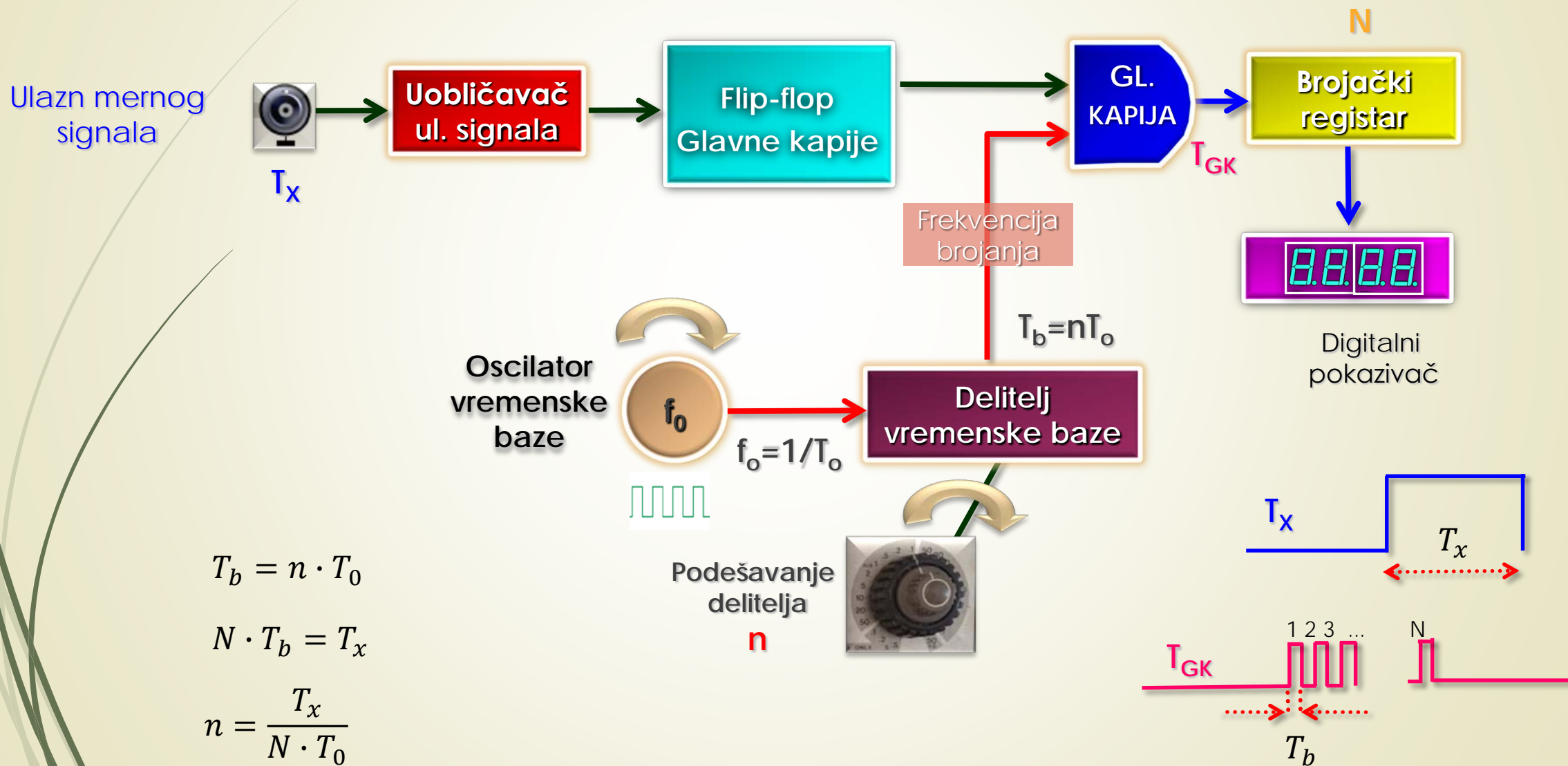
perioda periodičnog signala

$$T = \frac{1}{f}$$

Frekvencija periodičnog signala

- **PERIODA SINALA** je vreme za koje se **KOMPLETIRA** jedna oscilacija.
- Ukoliko se meri vreme potrebno za **NEKOLIKO OSCILACIJA**, izračunava se **SREDNJE VREME PERIODE** periodičnog signala.
- U ovom modu merenja **VREME TRAJANJA OTVORENOSTI GLAVNE KAPIJE** je određeno **FREKVENCIJOM ULAZNOG SIGNALA** za razliku od moda pri merenju **FREKVENCije**.
- **BROJAČKI REGISTAR** sada broji impulse **IZ DELITELJA** vremenske baze **ZA VREME TRAJANJA JEDNE PERIODE** ulaznog signala.

Merenje periode – blok šema



$$T_b = n \cdot T_0$$

$$N \cdot T_b = T_x$$

$$n = \frac{T_x}{N \cdot T_0}$$

Šta je tačnije ?

- Merenje periode **NISKOFREKVENTNIH SIGNALA** je tačnije (u odnosu na merenje frekvencije) zbog povećanja rezolucije.
- Pogledajte sledeći primer:
- **MERENJE FREKVENCije** od 100 Hz brojačem sa 8-cifrenim displejem i glavnom kapijom otvorenom 1 s će prikazivati:

00000.100 kHz

- **MERENJE PERIODE** istog signala sa istim brojačem i vremenskom bazom od 10 MHz će prikazati:

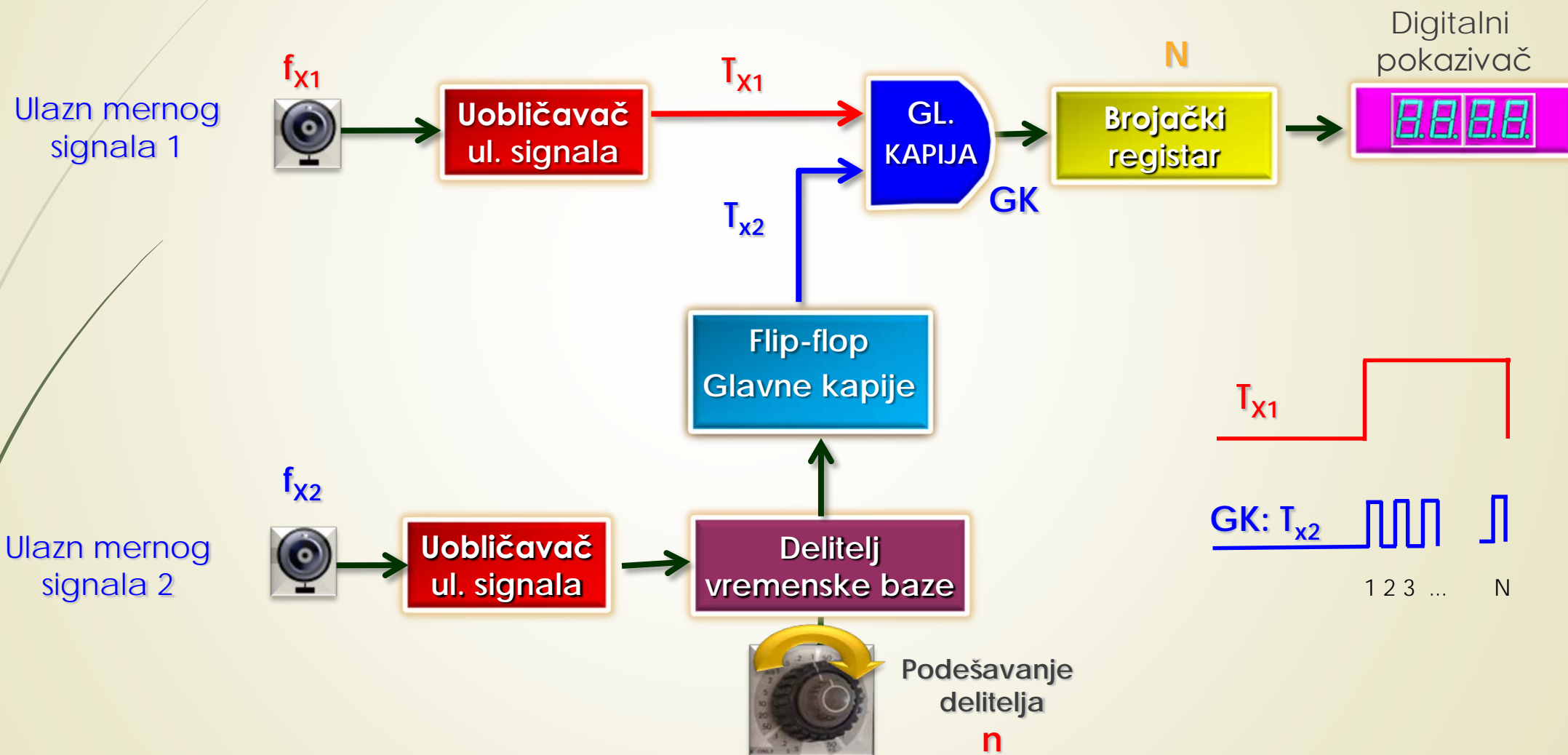
0010000.0 ms

- Rezolucija merenja pri određivanju **PERIODE** je **POVEĆANA** 1000 puta!

Merenje frekvencijskog odnosa (1)

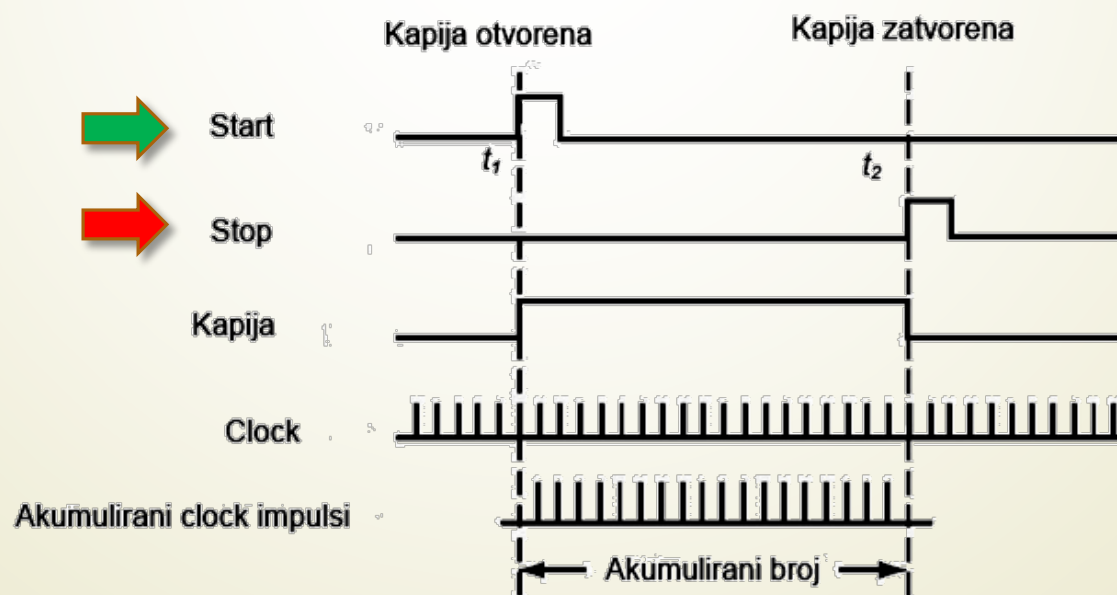
- Merenje **FREKVENCIJSKOG ODNOSA** dva periodičnog signala se veoma često koristi u **KOMPARATIVNIM** mernim metodama.
- Na prethodnom predavanju je pokazano merenje **ODNOSA FREKVENCIJA** dva signala primenom osciloskopa kreiranjem LISAŽUOVIH FIGURA.
- Primena **ELEKTRONSKIH BROJAČA** u merenju **ODNOSA FREKVENCIJA** dva ulazna signala se određuje korišćenjem signala
 - NIŽE FREKVENCIJE za upravljanje glavnom kapijom,
 - dok se signal VIŠE FREKVENCIJE broji BROJAČKIM REGISTROM.
- **PRIMER:** Overa brojila električne energije metodama poređenja.
- **TAČNOST MERENJA** se može povećati korišćenjem tehnike **VIŠESTRUKOG USREDNJAVANJA**, što podrazumeva merenja na **VIŠE PERIODA SIGNALA**.

Merenje frekvencijskog odnosa (2)

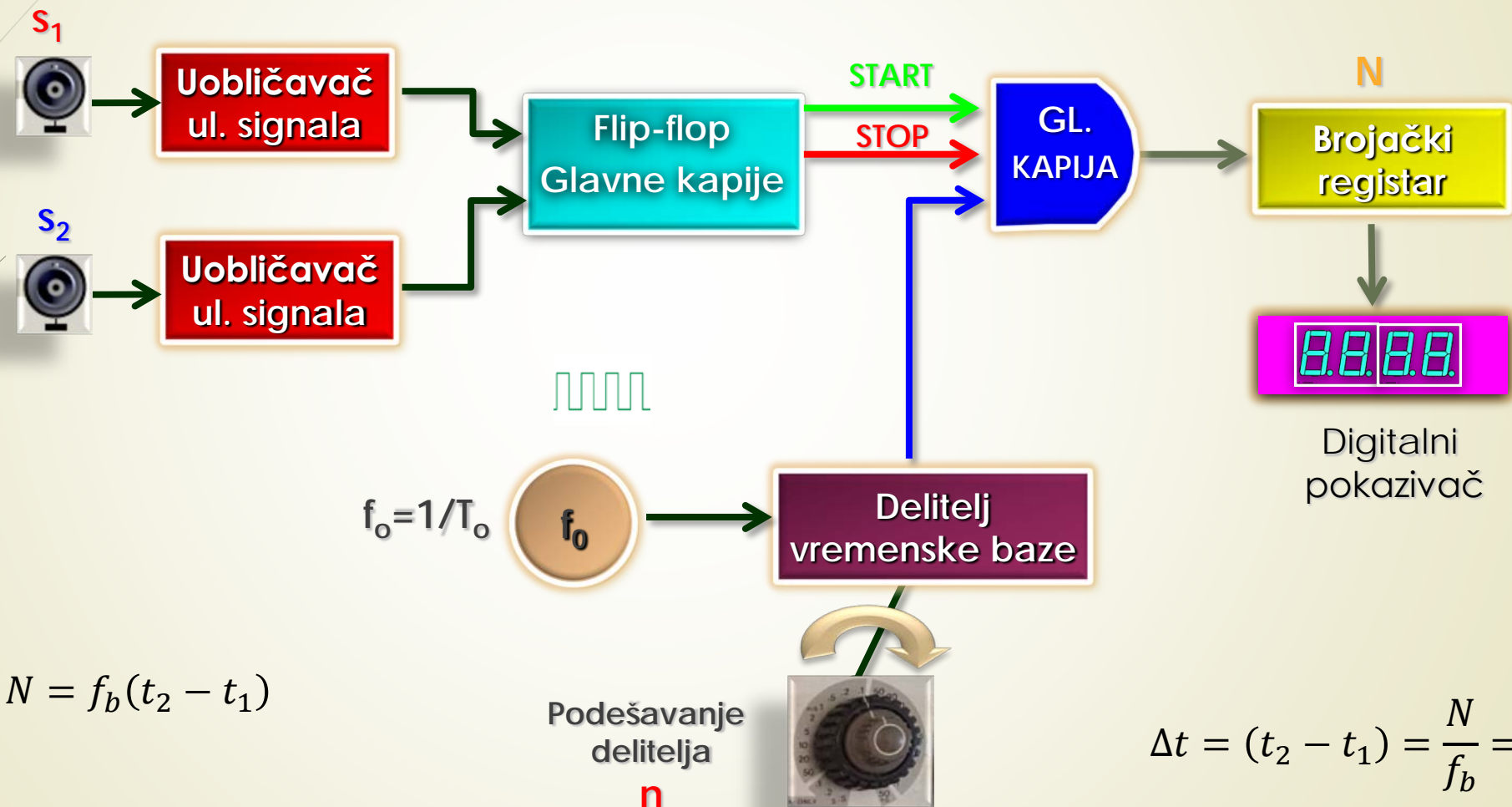


Merenje vremenskog intervala

- ▶ Prilikom merenja **VREMENSKOG INTERVALA GLAVNA KAPIJA** se kontroliše sa **DVA** nezavisna signala:
 - ▶ **START SIGNAL** koji otvara kapiju u trenutku t_1 i
 - ▶ **STOP SIGNAL** koji je zatvara u trenutku t_2 .
 - ▶ **CLOCK IMPULSI** iz delitelja se akumuliraju za vreme otvorene kapije.
 - ▶ **AKUMULIRANI BROJ IMPULSA** predstavlja vreme između **START** i **STOP** događaja.

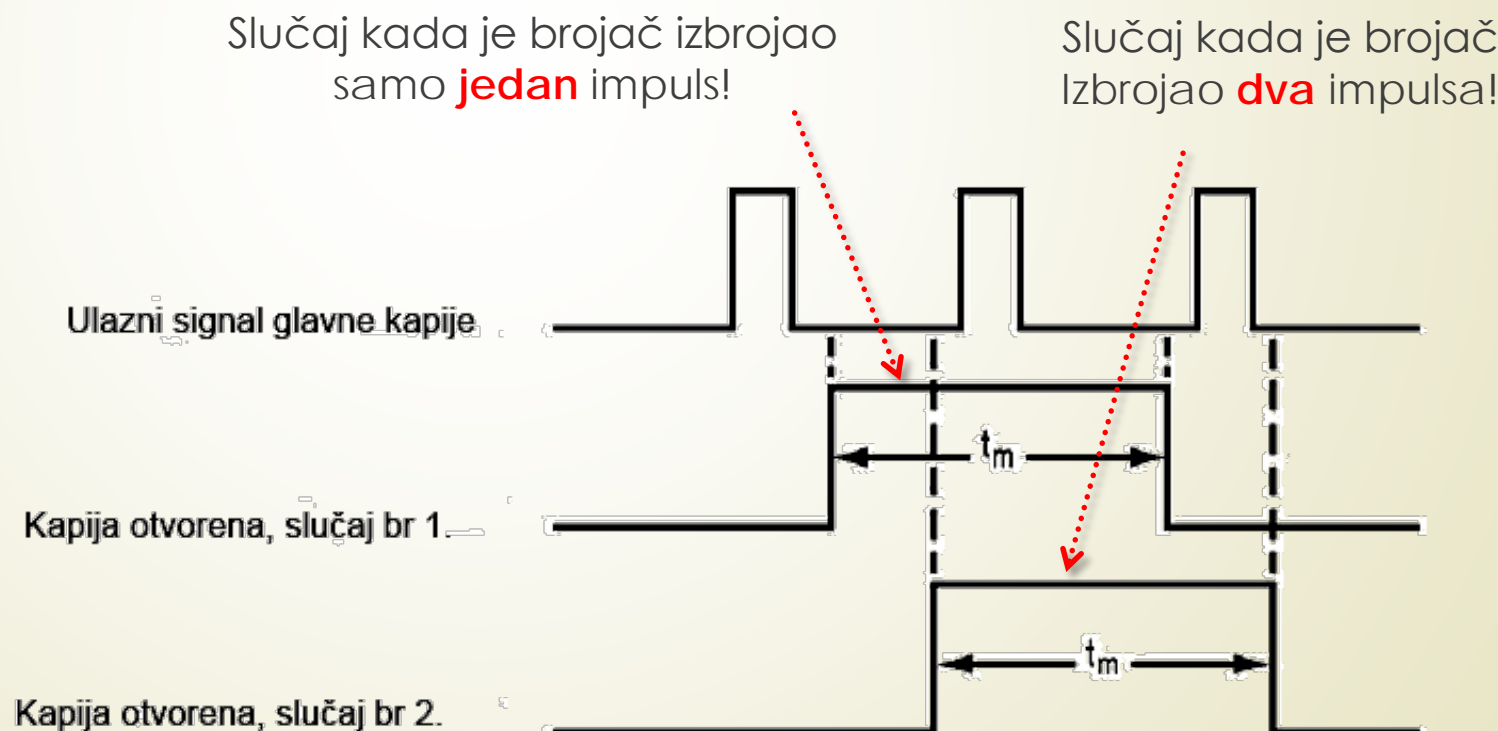


Merenje vremenskog intervala – blok šema

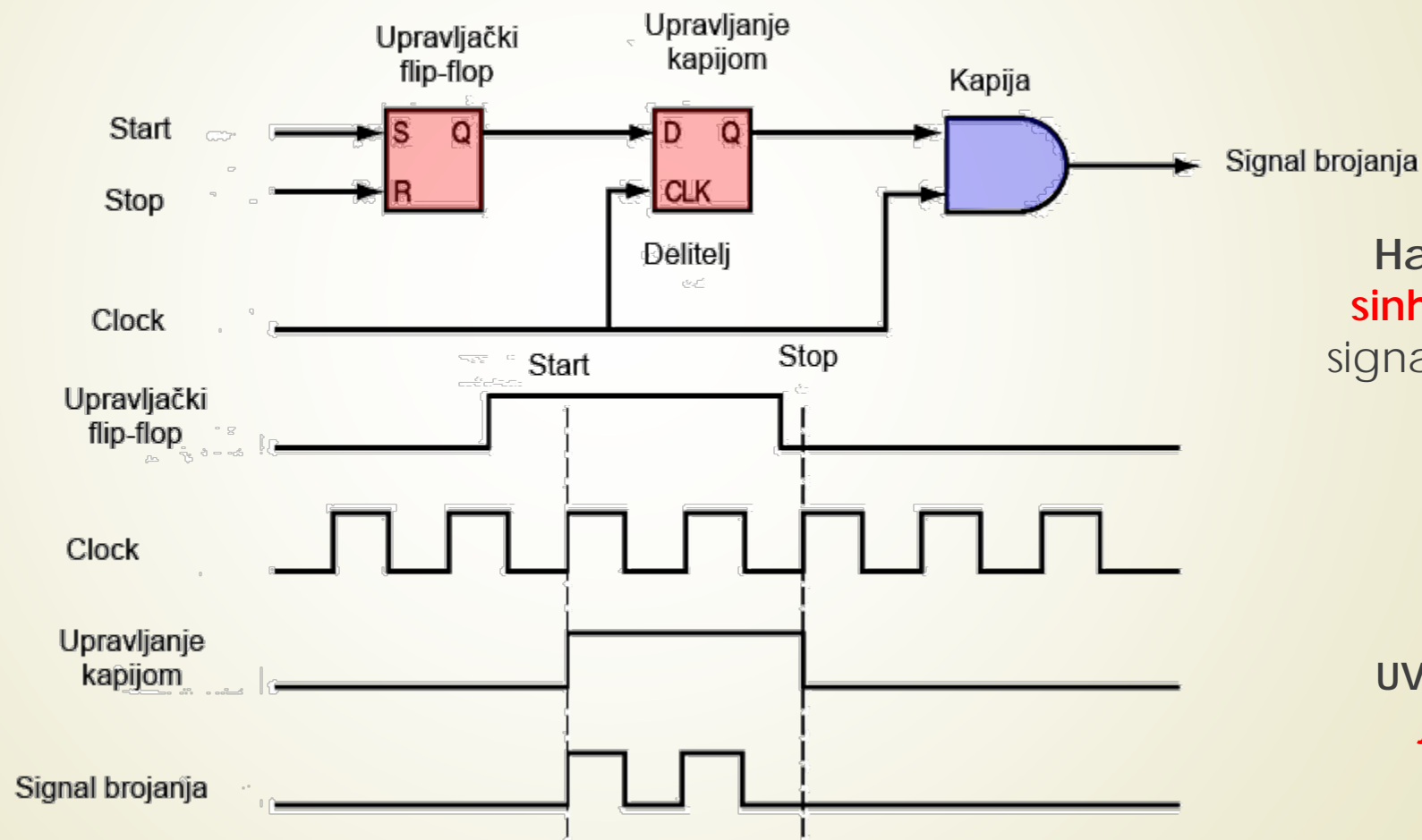


Greška brojanja

- Zbog **ASINHRONE PRIRODE** mernih signala na glavnoj kapiji brojača došlo je do **RAZLIČITOG BROJA** kumuliranih impulsa!
- Ova greška se naziva **GREŠKOM BROJANJA** i zahteva izvesnu sinhronizaciju između posmatranih signala.



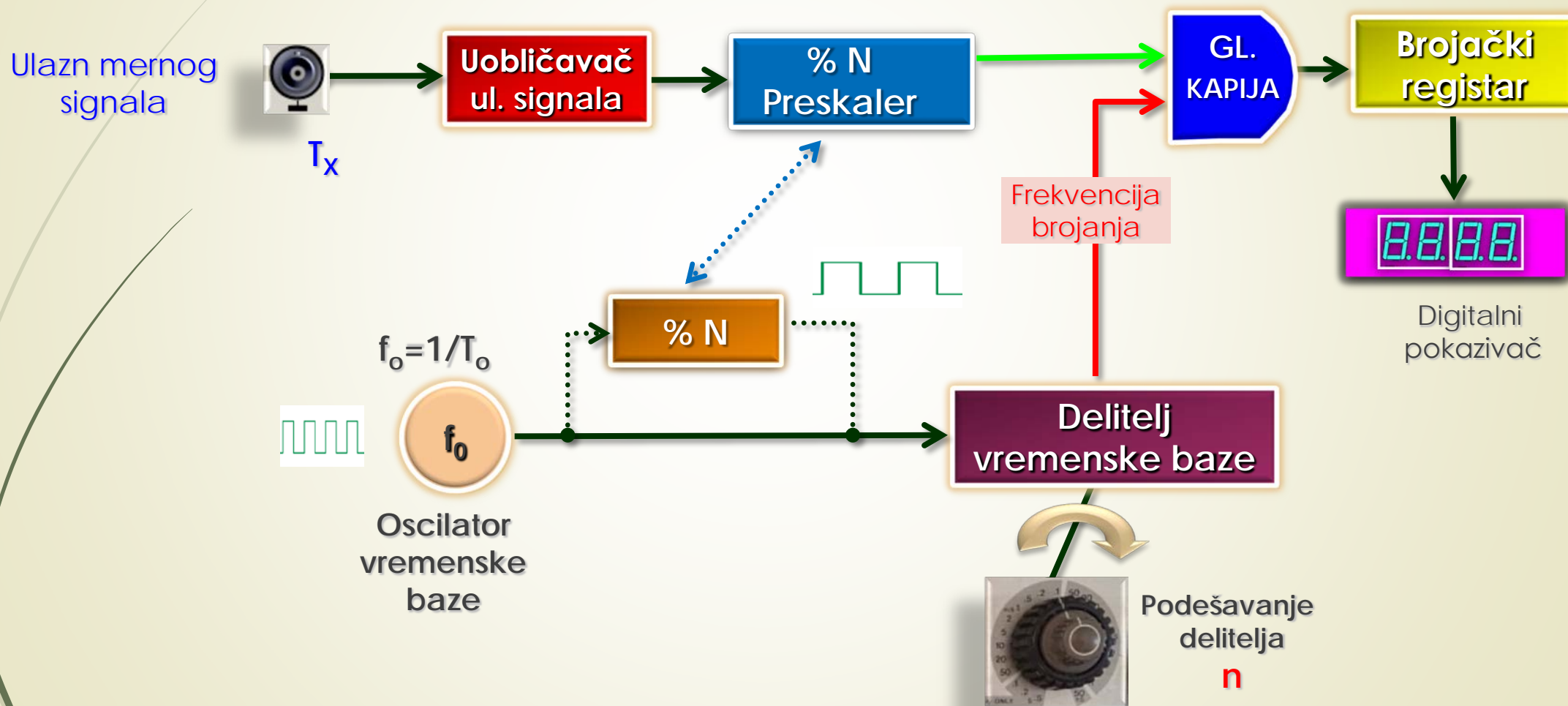
Greška brojanja – hardversko rešenje



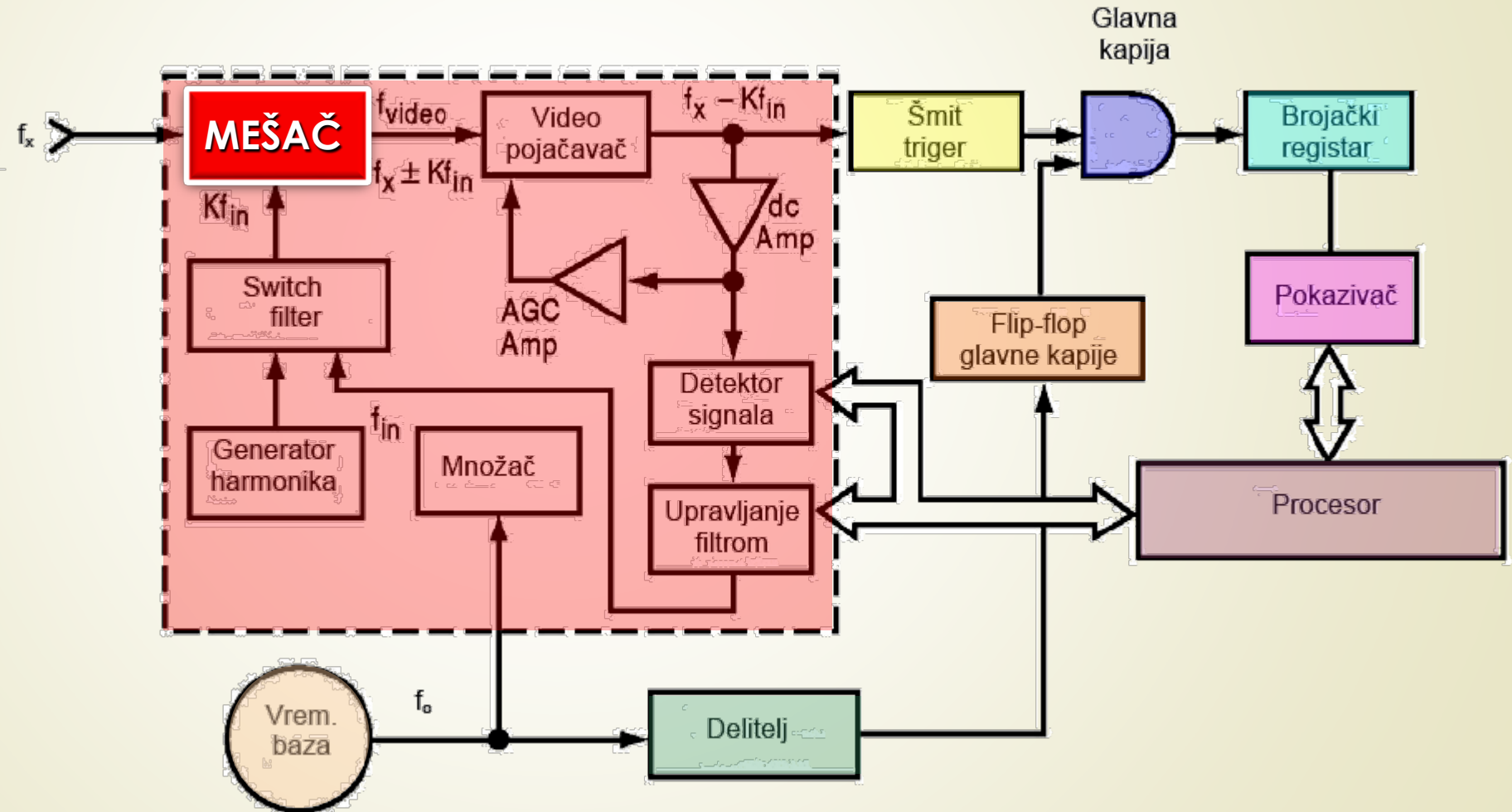
Hardverska
sinhronizacija
signala brojanja

UVEK se očitava
jednak broj
imulsa

Merenje visokih frekvencija preskalerom



Merenje visokih frekvencija (heterodinska metoda)



Brojač iz naše laboratorije, Hameg)

Opisati funkcije označenih komandi!



Zadaci

- ▶ Digitalnim frekvencmetrom meri se frekvencija signala $f_x = 20 \text{ kHz}$. Ako je frekvencija osnovnog oscilatora vremenske baze $f_o = 5 \text{ MHz}$ odrediti odnos delitelja n , da bi pokazivanje digitalnog indikatora bilo sa šest (6) cifara.
- ▶ Prema datoj vrednosti merene frekvencije ($f_x = 20 \text{ kHz}$), pokazivanje frekvencmetra treba da bude šestocifreno, odnosno $N=200\ 000$.



Domaći

- ▶ Digitalnim frekvencmetrom meri se perioda signala frekvencije $f_x = 20 \text{ kHz}$. Ako je frekvencija osnovnog oscilatora vremenske baze $f_0 = 1 \text{ MHz}$ odrediti odnos delitelja n , da bi pokazivanje digitalnog indikatora bilo sa četiri (2) cifre.



Literatura

- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=eOEaXT19QqA>
- ▶ <https://www.keysight.com/en/pc-1000000219%3Aepsg%3Apgr/frequency-counter-products?cc=US&lc=eng>