

# Karakteristika $I(U)$ elektronskih elementov

Tadej Strah

23. maj 2022

Izvedeno ..... 26. april

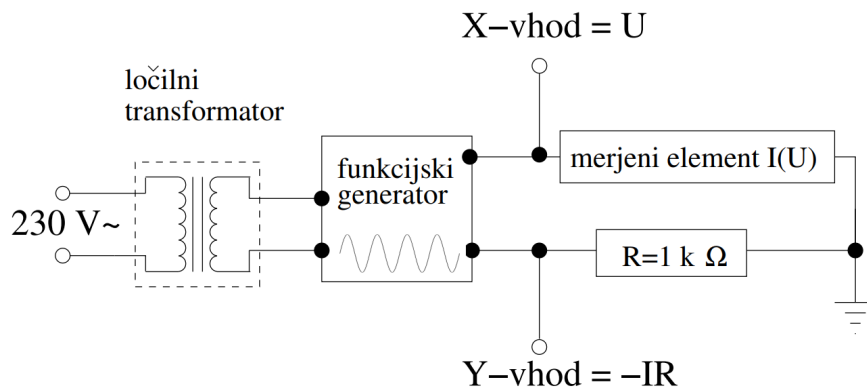
## 1 Uvod

Pri tej vaji bomo opazovali odzive različnih elektronskih elementov na vzbujanje z neko napetostjo; merili bomo karakteristiko  $I(U)$ .

Odziv je lahko linearen in odvisen od frekvence, kot pri idealnem kondenzatorju in tuljavi, lahko je nelinearen (diode...) ali pa bolj zapleten (tuljava s feritnim jedrom...).

Preko ločilnega transformatorja napajamo funkcijski generator (tako se znebimo motenj omrežja) in signal vodimo na merjeni element ter na osciloskop. Preko padca napetosti na znanem uporju pa merimo še tok v vezju. Vezavo prikazuje slika 1.

SDS00001-nekje okoli diod manjka ena slika. do tam so številke slik zamenjkane za 1, od konca nazaj pa so konsistentne z oznakami na papirju



Slika 1: Vezava vaje.

## 2 Potrebnosti

- funkcijski generator, ločilni transformatorja
- vezje s komponentami, baterija 9V, NiMH akumulator 1.2v
- osciloskop

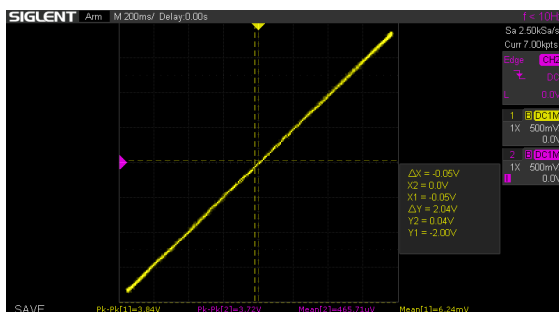
## 3 Naloga

1. Izmerite karakteristike  $I(U)$  upornika, kondenzatorja, tuljave, diode, Zenerjeve diode, treh svetlečih diod, 9V alkalne baterije in akumulatorja.
2. Določite upornost upornika, kapaciteto kondenzatorja, induktivnost tuljave, karakteristične točke nelinearnih elementov, nazivno napetost in notranjo upornost baterije in akumulatorja.

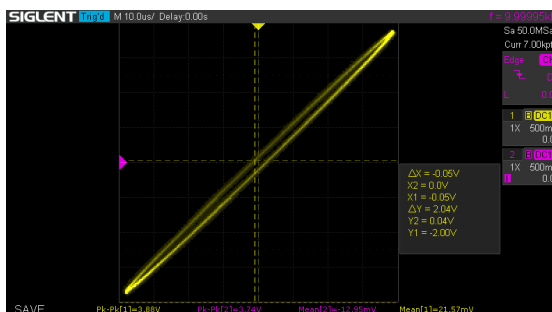
## 4 Izvedba meritev, obdelava podatkov in rezultati

### 4.1 Upor

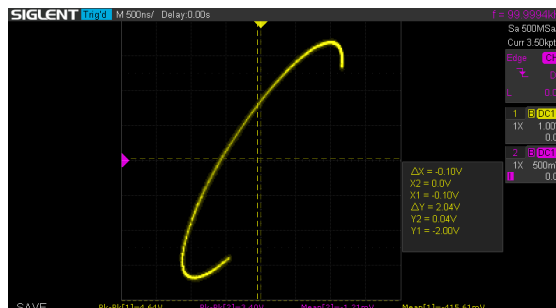
Upor ima linearno karakteristiko v širokem razponu frekvenc. Tok in napetost sta v fazi. Omenjeno vidimo na grafih 3 do 4. Pri višjih frekvencah opazimo odstopanja od linearne zveze med tokom in napetostjo - najverjetneje so to pojavi kapacitivnosti samega vezja (ki postane vedno bolj izrazito z višanjem frekvenc.)



Slika 2: Upor, 5Hz



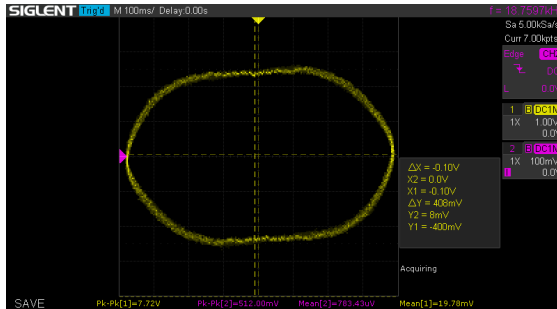
Slika 3: Upor, 10kHz



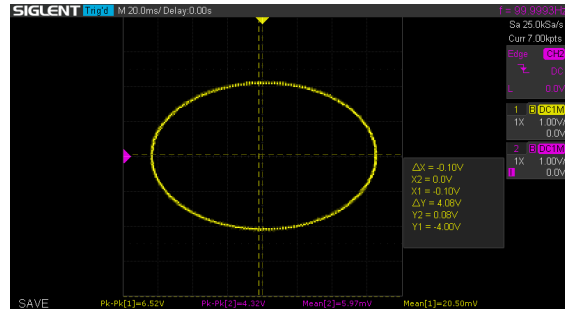
Slika 4: Upor, 100kHz

Iz strmine grafa pri 5 Hz določimo upornost:  $R = dU/dI = 1k\Omega$ .

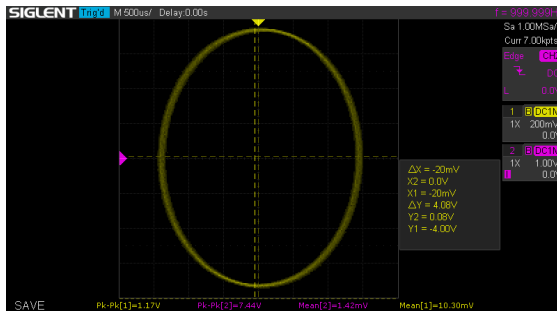
## 4.2 Kondenzator



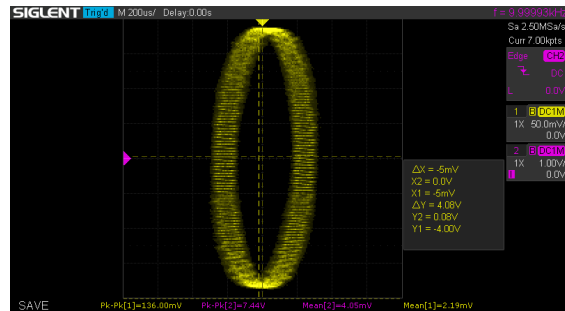
Slika 5: Kondenzator, 10Hz



Slika 6: Kondenzator, 100Hz



Slika 7: Kondenzator, 1kHz



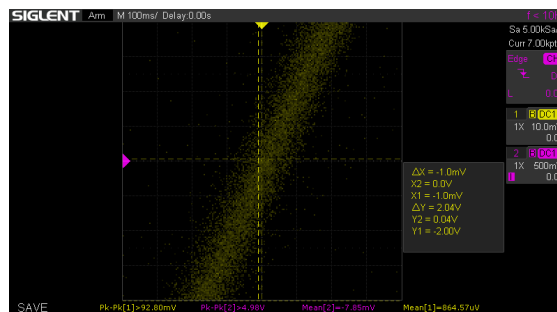
Slika 8: Kondenzator, 10kHz

Kondenzator ima kompleksno impedanco  $Z_c = 1/(i\omega C)$ . Velja torej  $U = Z_c I$  in  $C = I_{max}/(U_{max}\omega)$ . Izračunamo  $C = 1.01\mu F$ .

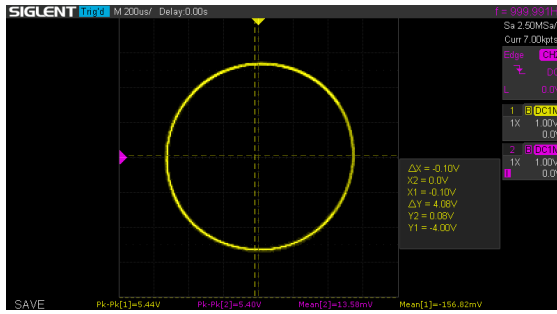
Pri nizkih frekvencah opazimo popačenje od pričakovane elipse; vzrok bi znale biti težave funkcij-skega generatorja pri generiranju tako nizko frekvenčnih signalov.

## 4.3 Tuljava z jedrom

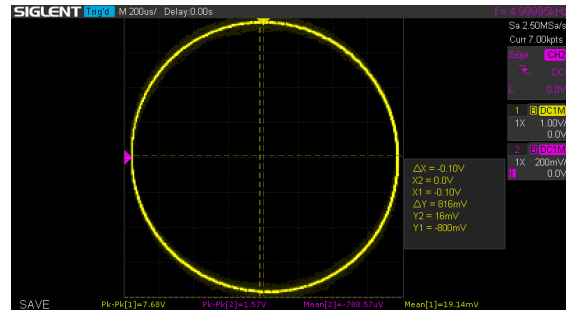
Tuljava je manj idealen element, zaradi dolgih žic, ki prispevajo k ohmski upornosti in pri višjih frekvencah še k parazitski kapacitivnosti. Dodatno odziv zakomplicira feritno jedro, katerega lastnosti niso linearne in so frekvenčno odvisne.



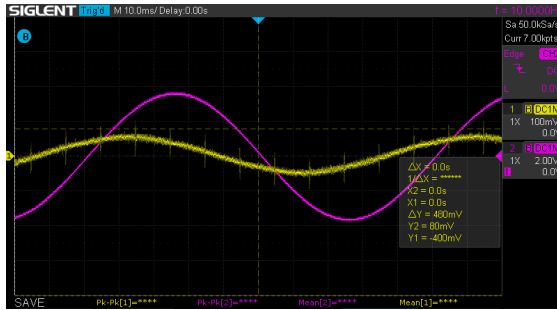
Slika 9: Tuljava, 1Hz, žaga



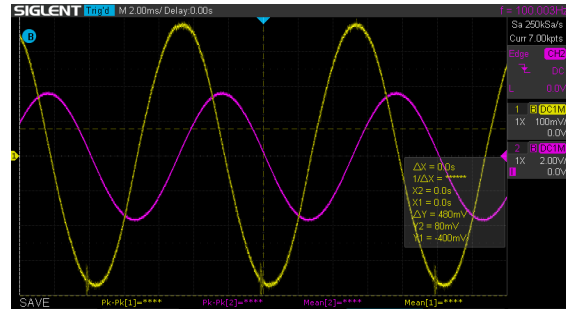
Slika 10: Tuljava, 1kHz



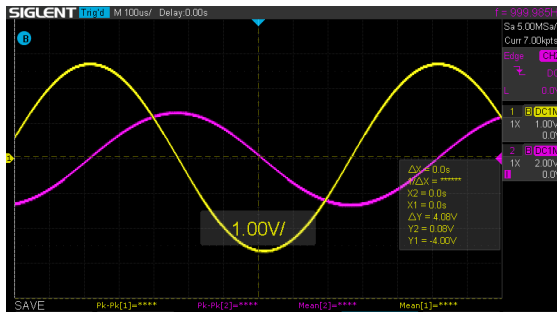
Slika 11: Tuljava, 10kHz



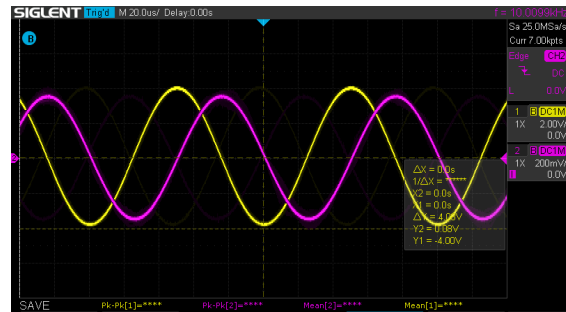
Slika 12: Tuljava, 10Hz



Slika 13: Tuljava, 100Hz



Slika 14: Tuljava, 1kHz



Slika 15: Tuljava, 10kHz

Iz meritve z žagastim signalom pri 1Hz določimo ohmsko upornost, ki nanese  $R_t = 10.8\Omega$ .  
Pri 1kHz odčitamo maksimum napetosti in toka ter izračunamo induktivnost:  $L = U_{max}/(I_{max}\omega) = 0.17H$ .  
Sedaj preklapimo osciloskop v X-T način in pomerimo fazni zamik pri različnih napetostih; meritve prikazujejo grafi 12 do 15 in tabela 1:

$\nu[\text{Hz}]$	$\varphi [^\circ]$
10	55
100	80
1k	90
10k	95

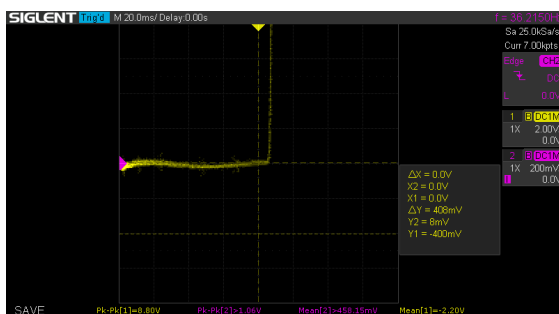
Tabela 1: Meritev faznega zamika med tokom in napetostjo v odvisnosti od frekvence

Do spreminjajočega faznega premika pride zaradi vpliva ohmske upornosti pri nizkih frekvencah, pri višjih pa je ta vpliv zanemarljiv in pridemo do faznega zamika precej blizu  $\pi/2$ .

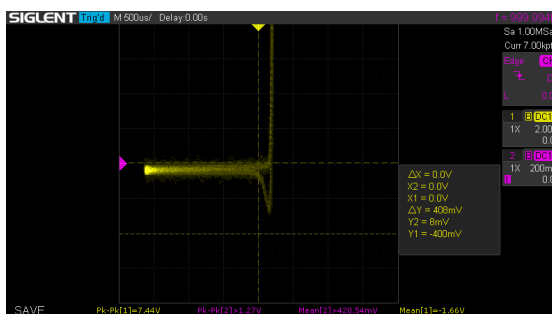
## 4.4 Polprevodniški elementi

Polprevodniški elementi temeljijo na p-n stiku in so povečini nelinearni.

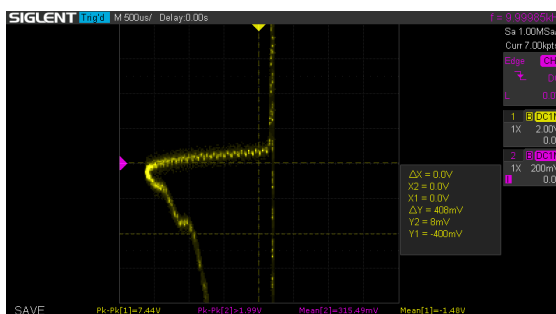
### 4.4.1 Navadna dioda



Slika 16: Navadna dioda, 100Hz



Slika 17: Navadna dioda, 1kHz



Slika 18: Navadna dioda, 10kHz

Odčitamo kolensko napetost  $V_D = 0.7V$ . Pri višjih frekvencah se začnejo stvari čudno obnašati. Meritve vidimo na grafih 16 do 18

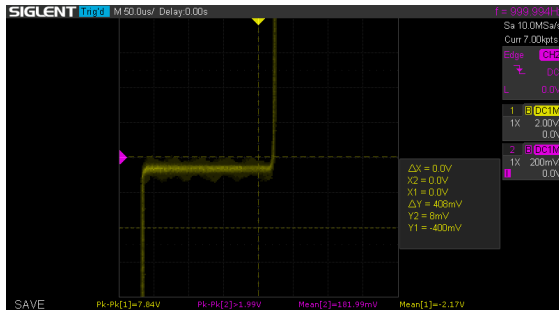
### 4.4.2 Zenner dioda

Zenner dioda je posebna po tem, da omogoča prevajanje tudi v zaporni smeri, ob dovolj visoki zaporni napetosti. V tem primeru praktično nima upornosti; ne sledi eksponentnemu zakonu kot v primeru nad kolensko napetostjo.

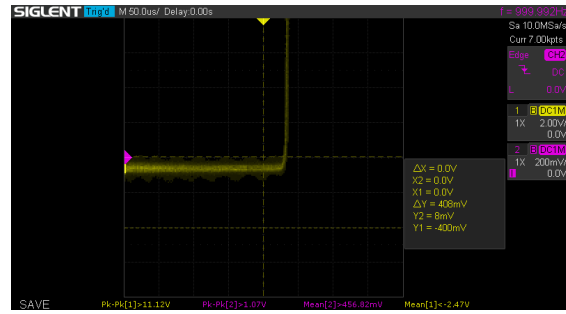
Do prevajanja v zaporni smeri lahko pride na dva načina - zenerjev efekt in 'avalanche' efekt. Avalanche efekt opazimo pri visokih zapornih napetostih - zaradi visoke napetosti je v polprevodniku veliko električno polje, ki močno pospeši spontano termično nastale pare elektronov in lukenj. Tej dovolj pospešeni nosilci naboja lahko iz elektronov izbijejo nove nosilce, kar sproži efekt plaz. Ko se enkrat vzpostavi plaz nosilcev, bo material prevajal tudi pod mejno napetostjo - histereza.

Pri nižjih napetostih pa opazimo zenerjev pojav ki pa je posledica kvantnega tuneliranja med prevodnim in valenčnim in nima histereze.

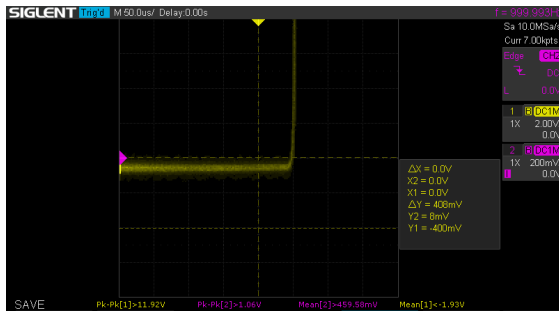
Karakteristiko zenner diode vidimo na grafu 19. Odčitamo kolensko napetost  $V_D = 0.8V$  in zennerjevo napetost  $V_Z = -6.8V$ .



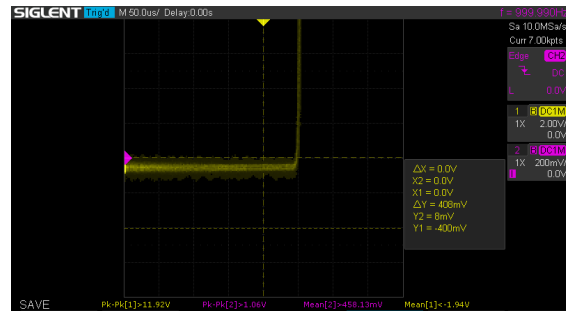
Slika 19: Zenner dioda, 100Hz



Slika 20: Bela LED, 100Hz



Slika 21: Zelena LED, 100Hz

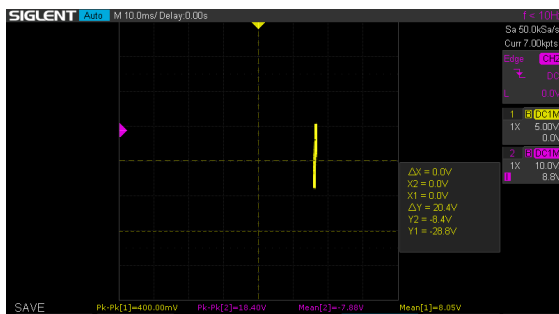


Slika 22: Rdeča LED, 100Hz

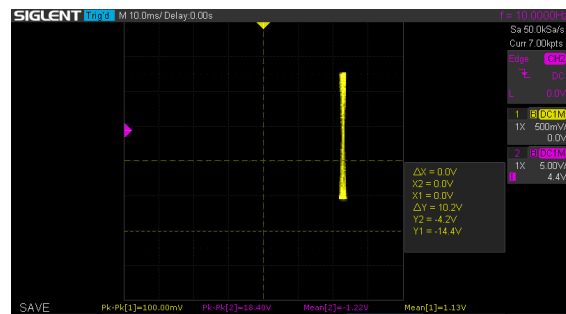
#### 4.4.3 Barvne svetleče diode

Opazujemo tri barvne svetleče (LED) diode, meritve vidimo na grafih 20 do 22. Opazimo, da imajo različne barve diod različne kolenske napetosti ( $U_{bela} = 1.2V$ ,  $U_{zelena} = 1.8V$ ,  $U_{rdeca} = 1.9V$ ).

#### 4.5 Baterije in akumulatorji

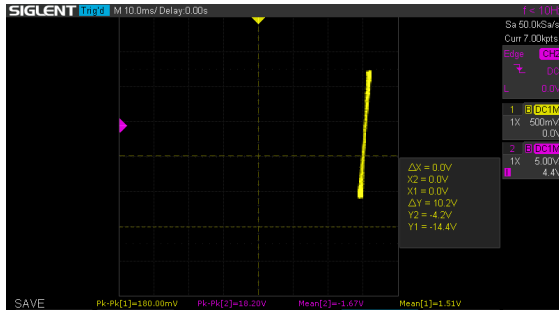


Slika 23: 9V baterija, 10Hz

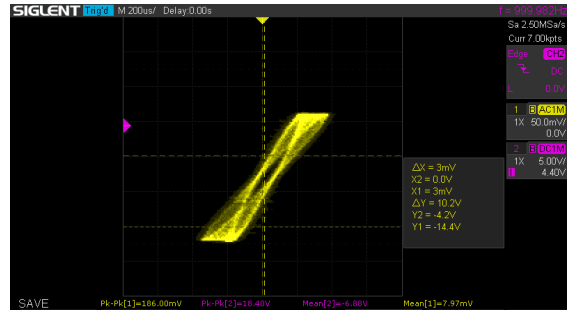


Slika 24: NiMh, 10Hz

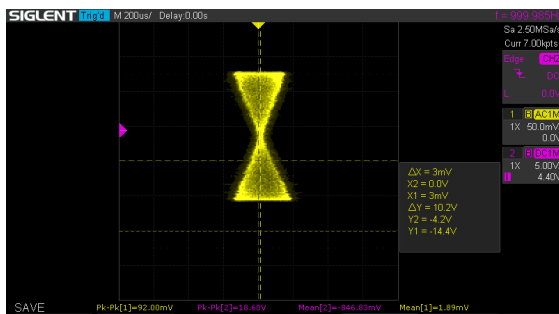
Iz meritev v DC načinu izmerimo gonilne napetosti  $U_1 = 8V$ ,  $U_2 = 12V$ ,  $U_3 = 1.5V$ ; v tem vrstnem redu si tudi sledijo na slikah. V AC načinu pri 1kHz pa poračunamo še notranjo upornost  $R_1 = 10\Omega$ ,  $R_3 = 15\Omega$ . Pri NiMh akumulatorju ne uspemo oceniti upornosti.



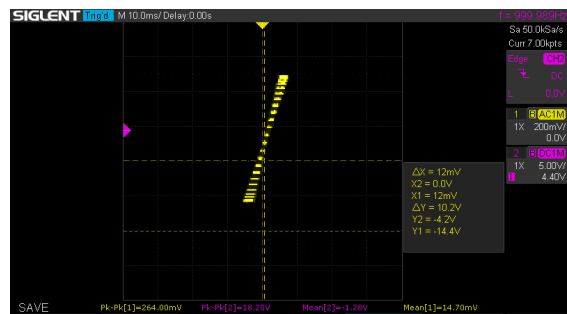
Slika 25: 1.5V baterija, 10Hz



Slika 26: 9V baterija, AC način, 1000Hz



Slika 27: NiMh, AC način, 1000Hz



Slika 28: 1.5V baterija, AC način, 1000Hz