

# Теориски основи и вежби за практична настава



**II** година  
Електротехничар за компјутерска техника и автоматика  
**Ставревски Ненад**  
**2011**

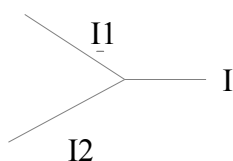
## Основни поими, симболи и закони во електротехника

- Електричен напон:  $U[V]$
- Јачина на електрична струја:  $I[A]$
- Електрична моќност:  $P[W]$
- Електрична отпорност:  $R[\Omega]$
- Електричен капацитет:  $C[F]$
- Индуктивитет:  $L[H]$

**Омов закон:**  $U=R*I$

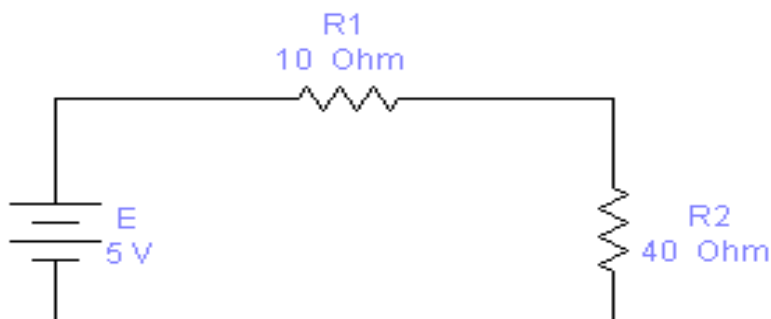
**Џулов закон:**  $P=U*I=R*I^2=U^2/R$

**I Кирхофов закон:** Збирот на струите што влегуваат во јазел е еднаков на збирот на струите што излегуваат од јазелот



$$I=I_1+I_2$$

**II Кирхофов закон:** Збирот на сите напони во една контура е еднаков на нула.



$$E=I*R_1 + I*R_2$$

$$E- R_1*I - R_2*I = 0$$

### Наизменични напони и струи:

Доколку струјата(напонот) во текот на времето ја манува и вредноста и насоката тогаш станува збор за наизменична струја.

Ако поинаку не е нагласено тогаш кога зборуваме за наизменични напони и струи ќе подразбираме синусни сигнали. Синусните напони и струи се карактеризираат со неколку параметри кои се важни за електрониката:

$T[s]$ - периода(време потребно за една целосна промена)

$f[Hz]$ - фреквенција(број на периоди во една секунда)

$\omega$ [rad/s]- кружна фреквенција(број на периоди во  $2\pi$  секунди)  
(u,i)- моментна вредност  
( $U_m, I_m$ )- максимална вредност

$$u = U_m \sin \omega t$$
$$i = I_m \sin \omega t$$

$U_{eff}$  – ефективна вредност на наизменичен напон

$I_{eff}$  – ефективна вредност на наизменична струја

Ефективна вредност на наизменична струја(напон) е онаа вредност на еднонасочна струја со која би се развило исто количество топлина на даден отпорник како и со наизменичната струја.

$U_{sr}$  – средна вредност на наизменичен напон

### Релации помеѓу наизменични величини:

$$f = 1/T$$
$$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$$
$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = 0.707 U_{max}$$
$$U_{sr} = 0.637 U_m$$

### Електромагнетна индукција:

Промена на магнетно поле предизвикува течење на струја низ проводник кој се наоѓа во тоа поле. Таа појава се нарекува електромагнетна индукција.

Основен услов за да дојде до појава на електромагнетна индукција е промена на магнетното поле. Таквата промена може да се реализира на три различни начини:

- Со движење на магнетот или проводникот
- Со исклучување и вклучување на струјата низ калемот кој го создава магнетното поле
- Калемот да се напојува со променлива струја

### Активен и реактивен отпор:

Активен отпорник ( $R$ ) е оној електричен елемент кој струјата што тече низ него ја претвара во топлина, додека реактивен отпор се индуктивниот и капацитивниот отпор ( $X_L$  и  $X_C$ ) кои се последица на влијанието на калем и кондензатор во коло на наизменична струја.

Во случај на калем електричната енергија наизменично се претвара во магнетна и обратно, а во случај на кондензатор електричната енергија се претвара во електростатска и обратно. Значи имаме осцилирање на енергија од еден вид во друг а нема појава на топлина.

Во случај на еднонасочни сигнали низ кондензатор не може да тече струја затоа што за многу кратко време тој ќе се наполни и ќе го прекине струјното коло, додека калемот за еднонасочни сигнали претставува куса врска.

Кога наизменична струја тече низ калем заради појава на самоиндукција калемот пружа отпор кој се нарекува индуктивна отпорност  $X_L$ , а во случај на кондензатор тој пружа отпор која се нарекува капацитивна отпорност  $X_C$ .

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \text{ } [\Omega]$$

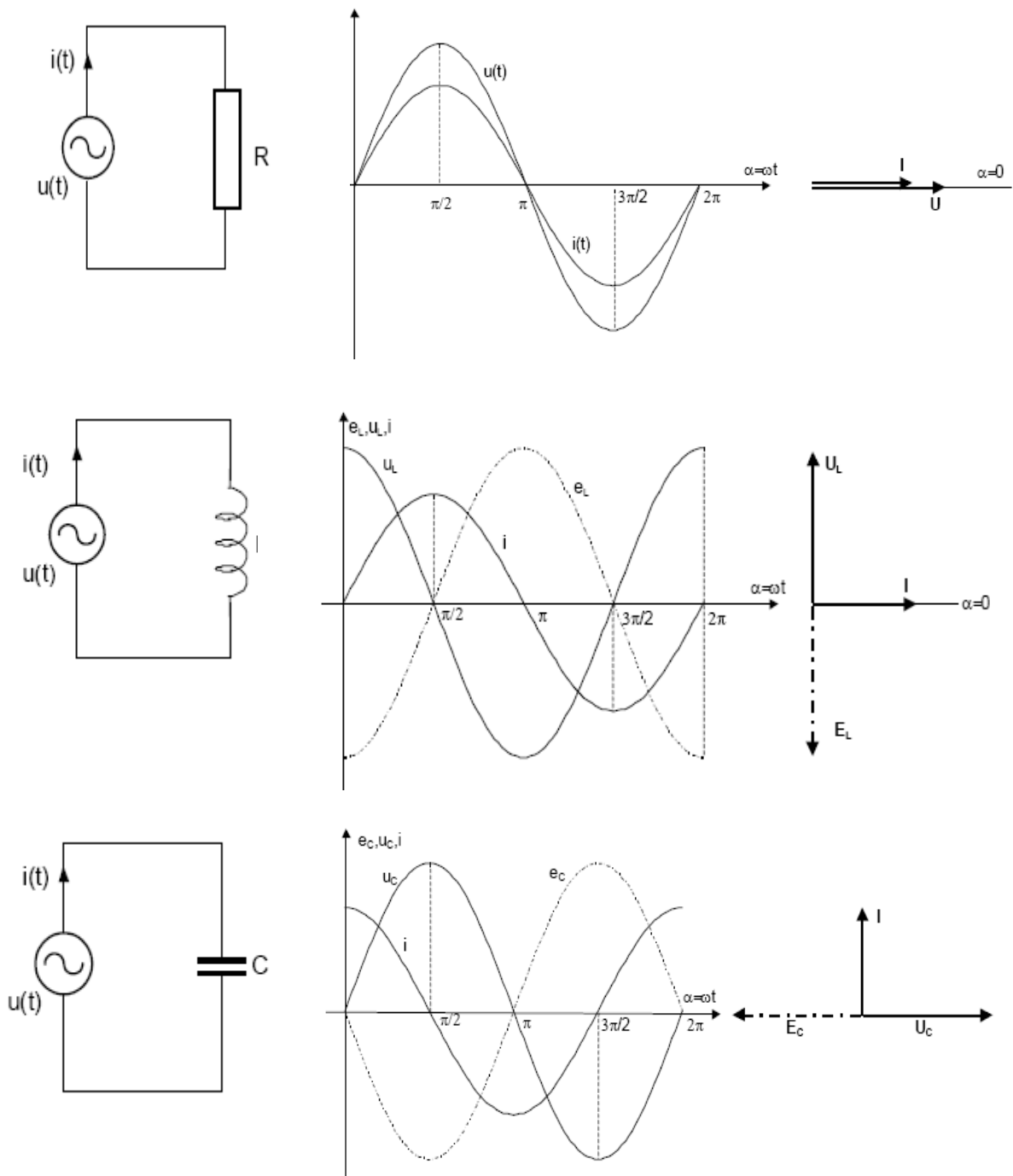
$$X_C = 1/\omega C = 1/2\pi f C$$

Исто така важна појава во наизменични кола е фазниот агол помеѓу некои величини

и референтниот напон (напонот на генераторот со кој се напојува колото).

Имено:

- ➔ Струјата низ отпорникот и напонот на неговите краеве се во фаза
- ➔ Струјата низ калемот фазно доцни за  $90^\circ$  во однос на напонот на неговите краеве
- ➔ Струјата низ кондензаторот фазно предничи во однос на напонот на неговите краеве за  $90^\circ$

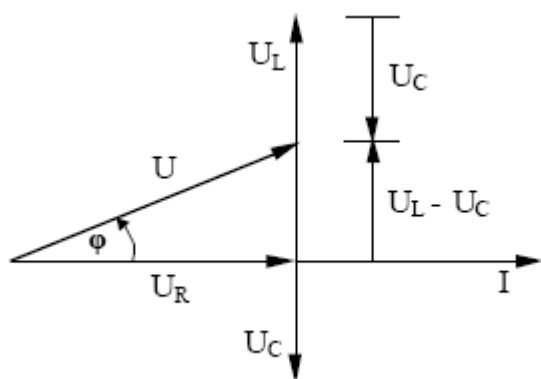
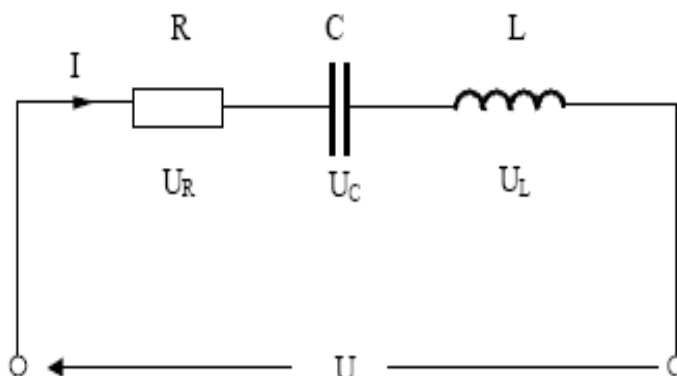


Сл1. Бранови форми и векторски дијаграми на напони и струи низ отпорник, калем и кондензатор во кола на наизменична струја

## Импеданса:

Кога во електрично коло имаме и активна и реактивна отпорност тогаш вкупниот отпор не може да се пресмета со обично еквивалентирање на отпорници затоа што нивното влијание врз струјата што тече низ нив е различно. Во таков случај вкупната отпорност се вика импеданса, а ќе го разгледаме примерот на сериска врска на отпорник, калем и кондензатор.

Импедансата не е иста со активната отпорност ни според вредност ниту според фаза.



$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$
$$\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R}$$

Сл2. Пресметување на импеданса и фазниот агол на сериска врска на отпорник, калем и кондензатор.

### Моќност во кола со наизменична струја:

Кај омски(активен) отпорник напонот и струјата се во фаза па отпорноста изнесува:

$$P=UI \text{ [W]} \quad (\text{активна моќност})$$

Кај калем и кондензатор електричната енергија не врши никаква работа па затоа оваа моќност се нарекува реактивна моќност

$$Q[\text{VAR}] \quad (\text{реактивна моќност})$$

Во коло кое е комбинација од активни и реактивни елементи има појава на активна и реактивна моќност. Вкупната моќност се нарекува привидна моќност

$$S[\text{VA}] \quad (\text{привидна моќност})$$

$$S=UI= \sqrt{P^2+Q^2}$$

$$P=UI \cos\varphi$$

$$Q=UI \sin\varphi$$

$$\cos\varphi=P/S=R/Z \text{ (фактор на моќност)}$$

**Префикси на мерните единици во електротехника:**

Префикс	Симбол	Множител
ТЕРА	T	$10^{12}$
ГИГА	G	$10^9$
МЕГА	M	$10^6$
КИЛО	K	$10^3$
ХЕКТО	h	$10^2$
ДЕКА	da	$10^1$
ДЕЦИ	d	$10^{-1}$
ЦЕНТИ	c	$10^{-2}$
МИЛИ	m	$10^{-3}$
МИКРО	$\mu$	$10^{-6}$
НАНО	n	$10^{-9}$
ПИКО	p	$10^{-12}$

**Претварање на измерени вредности во основните единици:**

$$47\text{K}\Omega = 47000\Omega$$

$$0,22\text{M}\Omega = 220\ 000\ \Omega$$

$$24\text{mV} = 0,024\text{V}$$

$$470\mu\text{A} = 0,000470\text{A}$$

$$0,1\text{nF} = 0,1 \cdot 10^{-9}\text{F}$$

**Претварање на измерени вредности во величини со различни префикси:**

$$320\ \text{Hz} = 0,32\ \text{KHz}$$

$$0,1\ \mu\text{F} = 100\ \text{nF}$$

$$0,047\ \text{MHz} = 47\ \text{KHz}$$

$$250\ \mu\text{V} = 0,25\ \text{mV}$$

$$0,5\ \text{V} = 500\text{mV}$$

$$15\ 000\ \text{pF} = 15\ \text{nF}$$

---

## Користење на мерните инструменти (Амперметар, Волтметар, Омметар – Универзален инструмент)

---



Основни мерни инструменти за мерење на напон и струја се волтметарот и амперметарот. Овие два инструменти најчесто се комбинираат во единствен инструмент каде што се додава и омметар за мерење на електричен отпор. Таквиот инструмент се вика универзален инструмент или мултиметар (универсал).

Ваквите инструменти се доста комплексни и освен споменатите електрични величини овозможуваат мерење и на други величини и параметри:

Сл2. Дигитален универсал

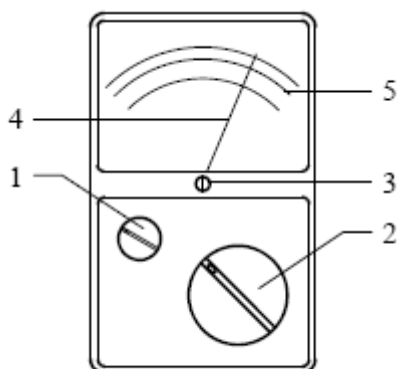
- капацитет
- фреквенција
- врвни вредности на напон и струја
- логички нивоа на дискретни сигнали
- $h_{FE}$  параметар кај биполарни транзистори и др.

Ракување со дигиталниот инструмент се врши на следниот начин:

- Со преклопникот за начинот на работа се избира типот на големината која треба да се мери
- Се поставува преклопникот на соодветното мерно подрачје или на највисокото мерно подрачје за големината која се мери
- Каблите за спојување на инструментот со мерните точки се поврзуваат со соодветните конектори
- Се поврзува инструментот во мерното коло во безнапонска состојба
- Се вклучува инструментот, а потоа се вклучува напонот во мерното коло.

### Аналогни и дигитални мерни инструменти

Изгледот на двата инструменти е даден на долните слики. Значењето на ознаките е дадено десно од сликите на соодветните инструменти.



- 1) Преклопник кој служи за одбирање дали инструментот да работи како волтметар, амперметар или омметар.
- 2) Преклопник за избор на мерно подрачје на инструментот
- 3) Завртка за нагудување на нулта положба на стрелката на индикаторот
- 4) Стрелка – индикатор на инструментот
- 5) Изгравирани скали на инструментот

Сл3. Аналоген универсал

Сл4. Дигитален унимер



- 1) Копче за контрола на опсег. Опсегот за мерење на соодветните величини може да се одбере рачно или автоматски. Кај некои унимери копчето на оваа позиција од инструментот служи за вклучување на самиот инструмент.
- 2) Копче за задржување на податоци. Кога е притиснато дисплејот ја покажува последната отчитана вредност при што се појавува D-H симбол се додека не се притисне повторно
- 3) Копче за избор на операција за мерење на AC или DC струја. Се притиска оваа копче за избор на

звучен сигнал или операција за мерење кога префрли копчето е сетирано на оваа позиција.

- 4) Приклучок за тестирање на транзистор.
- 5) Преклопник за избор на мерни подрачја
- 6) Влезен приклучок за мерење на напон, отпор и фреквенција
- 7) Заеднички приклучок – маса на инструментот
- 8) Влезен приклучок за мерење на капацитет на кондензатор и мерење на струја за mA мерно подрачје
- 9) Влезен приклучок кога инструментот работи како амперметар на мерно подрачје од 10 A

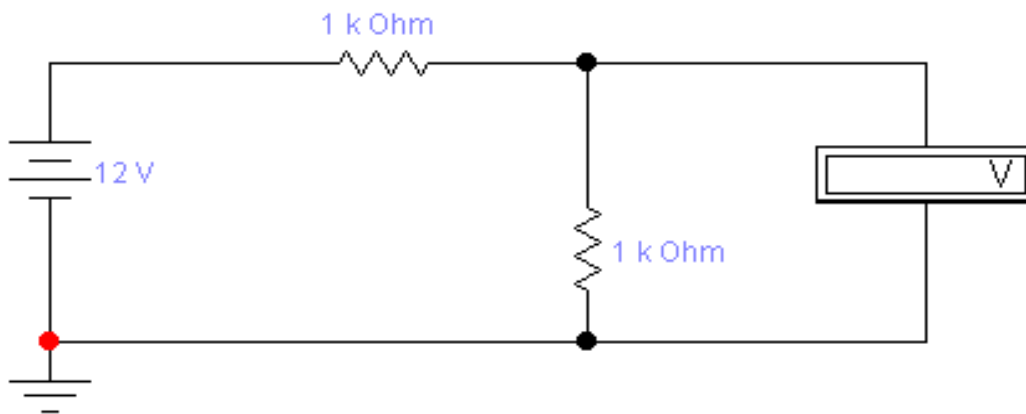
---

## Постапки за мерење на напон, струја и моќност

---

### Мерење на напон

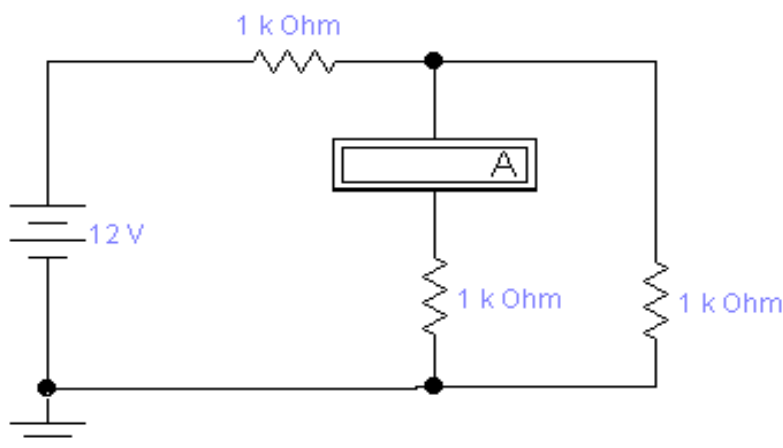
- Поставете ги каблите во соодветните конектори:( црн → com; црвен → V,A,Ω)
- Преклопникот поставете го во положба за мерење на еднонасочен или наизменичен напон.
- Ако имаме претстава колку приближно треба да изнесува мерената величина тогаш преклопникот за избор на мерно подрачје поставете го на првото поголемо подрачје. Ако пак немаме индикации колку треба да изнесува мерената големина тогаш го поставуваме преклопникот на најголемото мерно подрачје
- Кога инструментот е подесен да биде волтметар тогаш тој има многу голема внатрешна отпорност па затоа **го приклучуваме паралелно** на точките помеѓу кои го мериме напонот. (црниот кабел треба да е на точка со понизок потенцијал)
- Мерното подрачје е правилно избрано доколку резултатот е прикажан со голем број на цифри на дисплеј или голем отклон на стрелката кај аналогните инструменти.



Сл5. Мерење на напон

### Мерење на струја

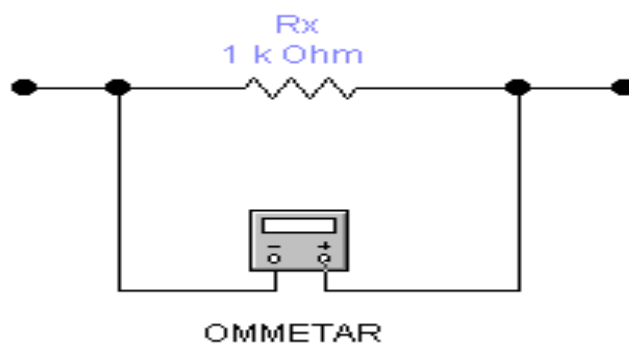
- Преклопникот поставете го за мерење на еднонасочна или наизменична струја
- Ако имаме претстава за големината на струјата го избираме првото поголемо подрачје од таа вредност. Ако немаме сознанија за очекуваната големина го избираме најголемото мерно подрачје.
- Амперметарот има многу мала внатрешна отпорност па затоа го **приклучуваме сериски** во гранката каде сакаме да ја измериме јачината на струјата



Сл6. Мерење на струја

## Мерење на отпорност

- Отпорникот треба да се извади од струјното коло и со испитните шилци да се допре до едниот и другиот крај
- Едниот крај може да се придржува со рака, но не и двата краја зашто во таков случај нашето тело е паралелно поврзано со отпорникот кој го мериме и резултатот нема да е целосно точен.
- При мерење на отпор не е важно како се приклучени испитните кабли затоа што отпорноста на отпорникот кој се мери е иста во двете насоки.

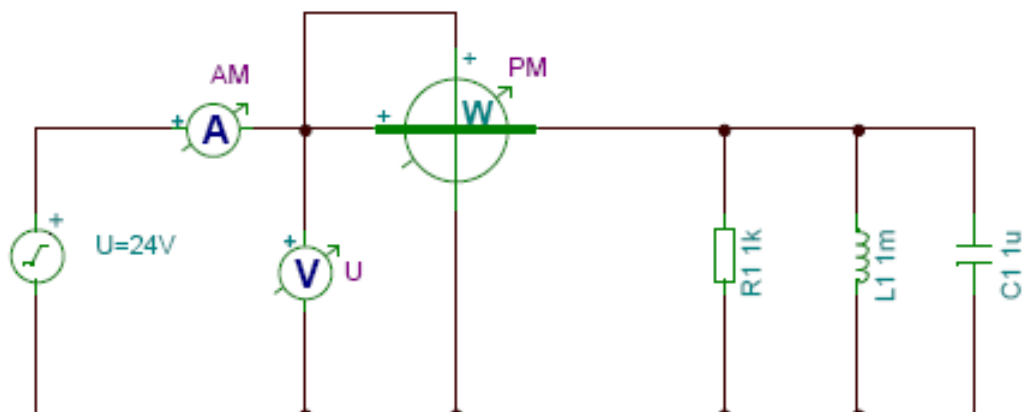


Сл7. Мерење на отпор

## Мерење на моќност

Инструмент кој се користи за мерење на моќност се нарекува ватметар. Со помош на ватметарот се мери моќност во кола со еднонасочни струи и активна моќност во кола со наизменични струи.

Ватметарот содржи две намотки од кои едната е подвижна (напонска), а втората е неподвижна (струјна). Влезовите на струјната и напонската намотка обично се обележуваат со ѕвездичка заради правилно приклучување на инструментот во колото и добивање на добар отклон на скалата.

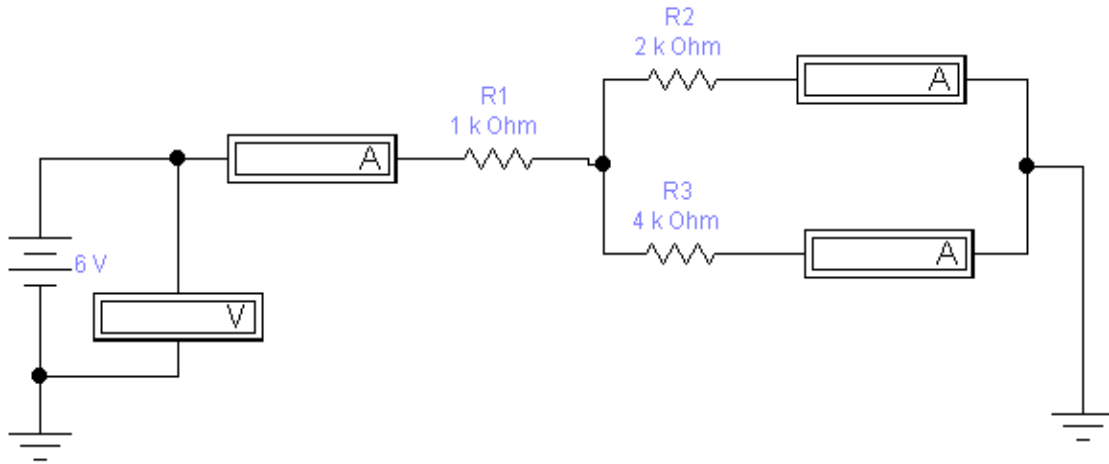


Сл8. Мерење на моќност

## Вежба бр1.

### I КИРХОФОВ ЗАКОН

#### 1) Електрична шема



#### 2) Упатство за изведување на вежбата

Мерните инструменти, изворот и отпорниците се поврзуваат според дадената електрична шема. Амперметрите се поврзуваат сериски со отпорниците, а волтметарот паралелно со изворот. После поврзувањето го приклучуваме изворот на еднонасочен напон. Зададените вредности за отпорниците, измерените вредности за струите во сите гранки и пресметаните вредности за падови на напони на сите отпорници ги внесуваме во табела.

#### 3) Табеларен приказ на резултатите од вежбата

	R1	R2	R3	U	I1	I2	I3	U <sub>R1</sub>	U <sub>R2</sub>	U <sub>R3</sub>
E1=2V										
E2=4V										
E3=6V										

#### 4) Заклучок

---

---

---

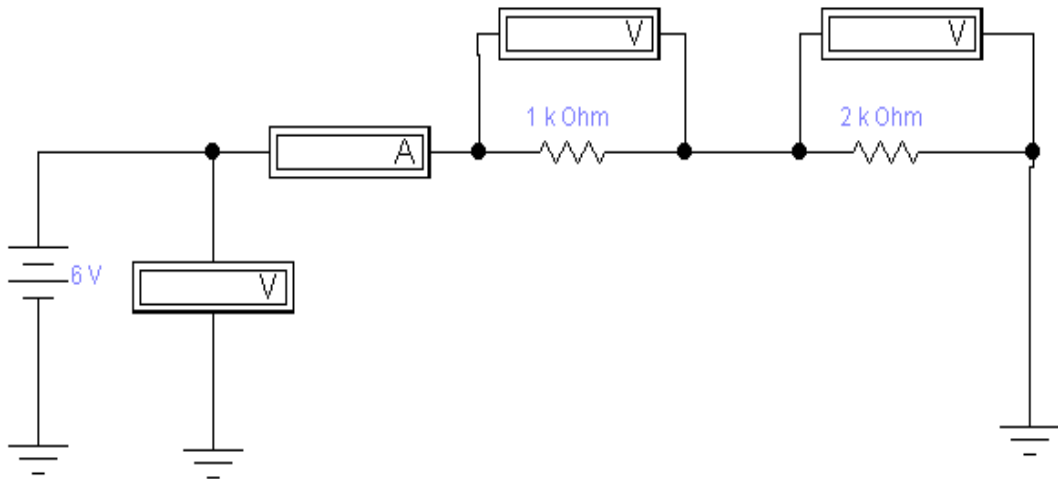
---

Подготвил  
Проф. Ненад Ставревски

## Вежба бр2.

### II КИРХОФОВ ЗАКОН

1) Електрична шема



2) Мерните инструменти, изворот и отпорниците се поврзуваат според дадената електрична шема. После поврзувањето го приклучуваме изворот на еднонасочен напон. Измерените падови на напони на отпорниците, вредноста на самите отпорници и јачината на струја измерена со амперметарот се внесуваат во табела.

3) Табеларен приказ на резултатите од вежбата

	R1	R2	$U_{R1}$	$U_{R2}$	I	$R_{ekv}$
E1=2V						
E2=4V						
E3=6V						

4) Заклучок

---

---

---

---

Подготвил  
Проф. Ненад Ставревски

---

## Отпорници

---

Отпорноста зависи од должината на жицата, нејзиниот напречен пресек и типот на материјалот:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$\rho$  – специфична отпорност

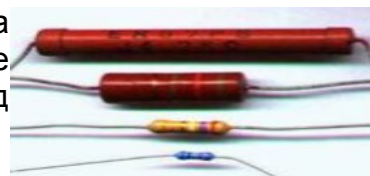
$l$  – должина на жицата

$S$  – напречен пресек

Отпорниците се поделени во три основни групи:

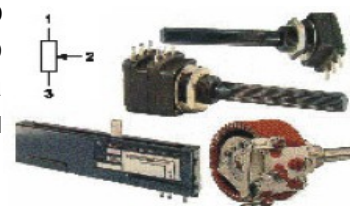
- Постојани
- Променливи
- Нелинеарни

**Постојани отпорници** имаат константна отпорност која што не може да се промени откако отпорникот ќе биде произведен. Тоа значи дека отпорноста не зависи од надворешни услови и од напонот и струјата низ него.



Сл9. Постојани отпорници

**Променливи отпорници** се оние кај кои може по механички пат да им се подесува отпорноста. Тоа најчесто се прави со помош на лизгач кој се движи по површината на отпорникот. Како номинална вредност кај овие отпорници се наведува максималната која може да се подеси.



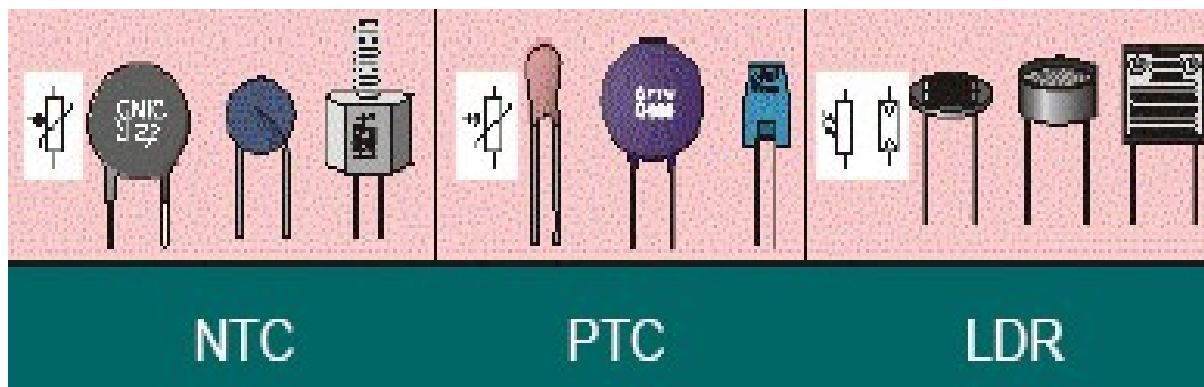
Сл10. Променливи отпорници

- **Потенциометри** (имаат три контакти од кои еден е лизгачки и се применува наместо два фиксни отпорници за да може да се менува односот помеѓу двата отпорника)
- **Реостати** (имаат два контакти од кои еден фиксен и еден лизгачки, а се користат во кола со големи струи)

**Нелинеарни отпорници** се оние чија отпорност зависи од некој надворешен фактор како на пример температура, светлина, напон и др.

- **Термистори** (отпорници зависни од температура при што разликуваме NTC и PTC термистори)
- **Варистори** (отпорници чија отпорност зависи обратнопропорционално од напонот на неговите краеве)
- **Фотоотпорници** (отпорници чија отпорност зависи обратнопропорционално од јачината на светлина што паѓа врз нив, а се означуваат и со кратенката LDR).

NTC означува негативен температурен коефициент, PTC означува позитивен температурен коефициент, додека LDR значи отпорник детектор на светлина.



Сл11. Нелинеарни отпорници

### Обележување на отпорници

- 1) Алфанумеричко обележување
- 2) Обележување со бои

1) При алфанумеричко обележување на самиот отпорник се запишува неговата отпорност. Притоа многу често наместо единицата мерка  $\Omega$  се користат буквите E или R, додека наместо  $K\Omega$  или  $M\Omega$  се користат само буквите K и M.

$$\begin{aligned} \Omega &\rightarrow R \\ \Omega &\rightarrow E \\ K\Omega &\rightarrow K \\ M\Omega &\rightarrow M \end{aligned}$$

Исто така многу често наместо децималната запирка се користат самите букви кои служат како префикс.

$$\begin{aligned} 2,7K &= 2K7 \\ 1M15 &= 0,15M\Omega \\ M15 &= 0,15M\Omega \end{aligned}$$

Толеранцијата се означува или директно со бројка ( пр: 1%) или со буква според следниот код:

$$\begin{aligned} F &= \pm 1\% \\ G &= \pm 2\% \\ J &= \pm 5\% \\ K &= \pm 10\% \\ M &= \pm 20\% \end{aligned}$$

2) Обележување со бои подразбира користење на различен број на прстени во боја на самата површина на отпорникот.

Може да се користат различен број на прстени т.е. **три, четири, пет или шест** прстени.

- Доколку толеранцијата  $T = \pm 20\%$  тогаш отпорниците се обележуваат со 3 прстени
- Доколку толеранцијата  $T = \pm 10\%$  или  $T = \pm 5\%$  тогаш отпорниците се обележуваат со 4 прстени
- Доколку толеранцијата  $T = \pm 2\%$  или  $T = \pm 1\%$  тогаш отпорниците се обележуваат со 5 обоени прстени
- Некои производители користат и по 6 обоени прстени најчесто за отпорници со толеранција помала од 1%

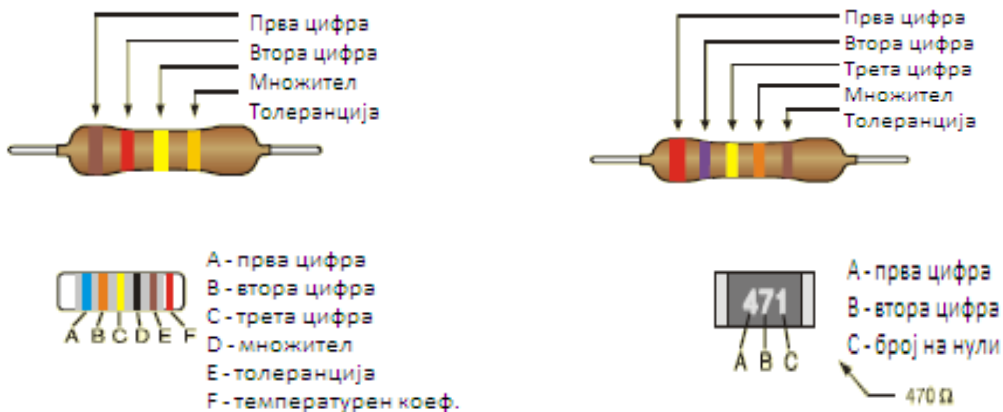
Во случај на три(3) обоени прстени (A,B,M) првите два прстени претставуваат цифри, додека третиот прстен го претставува множителот со кој треба да се помножи бројот добиен со спојување на претходните две цифри.

Во случај на четири(4) обоени прстени првите два се цифри, третиот е множителот, додека четвртиот ја претставува толеранцијата (A,B,M,T)

Во случај на пет(5) обоени прстени првите три се цифри, четвртиот е множителот, а петиот е толеранцијата (A,B,C,M,T)

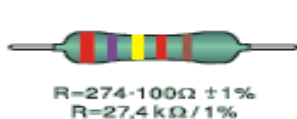
Во случај на шест(6) обоени прстени првите три се цифри, четвртиот е множителот, петиот е толеранција, а шестиот го претставува температурниот коефициент.

Во некои случаи отпорникот се означува со три(3) цифри од првите две ги претставуваат цифрите, а третата го претставува бројот на нули кои треба да се додадат на бројот добиен со првите две цифри.



### Сл12. Обележување на отпорници со бои

Првиот обоен прстен е оној кој се наоѓа кон самиот крај од отпорникот односно кој е најблиску до крајот на отпорникот. Тоа значи дека во случај на 3,4 или 5 прстени оној прстен кој ја означува толеранцијата се наоѓа на десниот крај од отпорникот а првиот прстен се наоѓа на левиот крај.



На сликата лево се дадени неколку примери со кои се објаснува читање на вредности на отпорност кај отпорници. Притоа се дадени примери со 4,5 и 6 обоени прстени како и еден пример на обележување на отпорник со три цифри.

Треба да се напомене и тоа дека термистори и варистори се обележуваат со три(3) обоени прстени.

Значењето на секоја од боите со кои се обележуваат отпорниците е дадено во долната табела:

БОЈА	ЦИФРА	МНОЖИТЕЛ	ТОЛЕРАНЦИЈА	ТК
СРЕБРЕНА		0,01Ω	±10%	
ЗЛАТНА		0,1Ω	±5%	
ЦРНА	0	1Ω		
КАФЕАВА	1	10Ω	±1%	±100 * 10 <sup>-6</sup> /°K
ЦРВЕНА	2	100Ω	±2%	±50 * 10 <sup>-6</sup> /°K
ПОРТОКАЛОВ А	3	1KΩ		±15 * 10 <sup>-6</sup> /°K
ЖОЛТА	4	10KΩ		±25 * 10 <sup>-6</sup> /°K
ЗЕЛЕНА	5	100KΩ	±0,5%	
СИНА	6	1MΩ	±0,25%	±10 * 10 <sup>-6</sup> /°K
ВИОЛЕТОВА	7	10MΩ	±0,1%	±5 * 10 <sup>-6</sup> /°K
СИВА	8	100MΩ		
БЕЛА	9	1GΩ		±1 * 10 <sup>-6</sup> /°K
БЕЗ БОЈА			±20%	

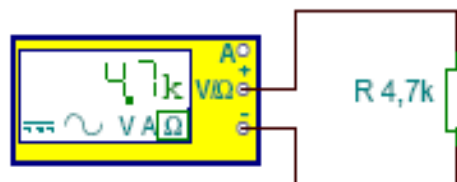
## Вежба бр3.

---

### ОТПОРНИЦИ

---

#### 1) Електрична шема



#### 2) Упатство за изведување на вежбата

Прочитајте ја вредноста на отпорниците кои ви стојат на располагање, а потоа измерете ги нивните вредности со универзалниот инструмент подесен да работи како омметар. Направете споредба помеѓу добиените вредности и пресметајте ги апсолутната и релативната грешка за секое поединечно мерење.

#### 3) Табеларен приказ на резултатите од вежбата

Реден број	Прочитана вредност	Толеранција	Измерена вредност	Апсолутна грешка	Релативна грешка
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

#### 4) Заклучок

---

---

---

---

---

## Кондензатори

---

Кондензатор е составен од две проводни метални плочи со изолатор помеѓу нив. Главна величина која го карактеризира кондензаторот е неговиот електричен капацитет.

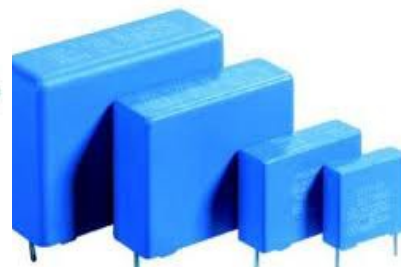
$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$$

$\epsilon_0$  – диелектрична пермеабилност на вакуум

$\epsilon_r$  – релативна диелектрична пермеабилност на изолаторот

S – површина на плочите

d – растојание помеѓу плочите



Сл13. Кондензатори

### Најважни параметри на кондензатор

- Електричен капацитет C[F]
- Максимално дозволен напон  $U_{\text{max}}$
- Температурен опсег  $T_{\text{op}}$  ( -55°C до 100°C)
- Паразитна индуктивност  $L_c$  и сериска отпорност  $R_s$  (претставуваа штетни параметри и треба да се што е можно помали)
- Сопствена резонантна фреквенција  $f_r$  ( Фреквенција до која кондензаторот може да се користи како кондензатор, а над таа фреквенција почнуваат да преовладуваат индуктивни својства)

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL_c}}$$

- Диелектрични загуби  $\text{tg}\delta$  (Теоретски фазната разлика помеѓу напонот и струјата кај кондензатор изнесува  $\pi/2$ , меѓутоа реално тој агол е помал за агол  $\delta$ . Тангенс од тој агол е величина која се вика диелектрични загуби)

### Видови кондензатори

1) Постојани кондензатори:

- Керамички кондензатори
- Лискунски кондензатори
- Стаклени кондензатори
- Хартиени кондензатори
- Пластични кондензатори
- Електролитски кондензатори (треба да се внимава на поларизацијата т.е. Тие имаат плус и минус)

## 2) Променливи кондензатори

Промената на капацитетот најчесто се прави со промена на ефективната површина помеѓу електродите (плочите) на кондензаторот

### Обележување на кондензатори

- 1) Алфанумеричко
- 2) Обележување со бои

**Алфанумеричко обележување** значи обележување со букви и бројки. Притоа постојат три типа на алфанумеричко обележување:

- Директно обележување
- Кодирано обележување
- Комбинирано обележување

**Директно обележување** претставува запишување на вредноста на капацитетот, максималниот напон и толеранцијата директно на површината од кондензаторот. Притоа многу често наместо ознаките  $\mu\text{F}$ ,  $\text{nF}$  и  $\text{pF}$  се користат само префиксите  $\mu$ ,  $\text{n}$  и  $\text{p}$ . Од друга страна исто како кај отпорници овие префикси можат да се користат и како децимална запирка.

Во одредени случаи можно е бројот со кој се изразува капацитетот на кондензаторот нема единица мерка. Во таков случај ако вредноста е помала од еден се работи за  $\mu\text{F}$  додека ако вредноста е поголема од еден се работи за  $\text{pF}$ .

**Кодирано обележување** претставува обележување при кое вредноста на капацитетот се изразува со три(3) цифри од кои третата го означува бројот на нули што се додава на претходните две цифри. Така прочитаната вредност е во  $[\text{pF}]$ . Толеранцијата се означува со голема буква според следниот код:

F =  $\pm 1\%$   
G =  $\pm 2\%$   
J =  $\pm 5\%$   
K =  $\pm 10\%$   
M =  $\pm 20\%$

**Комбинирано обележување** претставува комбинација од претходните два типа на обележување. Вредноста на капацитетот се означува директно, толеранцијата со голема буква, а максималниот напон со мала буква според следниот код:

a = 50V  
b = 125V  
c = 160V  
d = 250V  
e = 350V  
g = 700V  
h = 1000V  
без буква = 400V

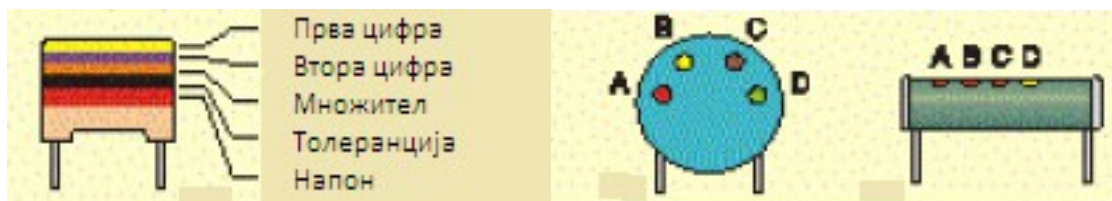
**Обележување со бои** претставува користење на прстени, линии или точки за означување на капацитетот на кондензаторот. Обележувањето се прави со 3,4 или 5 прстени, линии или точки.

Треба да се напомене дека обележувањето со бои не е универзално, односно постои разлика во означувањето на различни типови на кондензатори но главните принципи за сите нив се исти.

Значењето на боите е дадено во следнава табела:

БОЈА	А Прва цифра	В Втора цифра	М Множите л[рF]	Т		U номинален напон [V]
				C>10рF	C≤10рF	
ЦРНА	0	0	1	±20%	±2рF	100
КАФЕАВ А	1	1	10	±1%	±0,1рF	160
ЦРВЕНА	2	2	100	±2%		250
ПОРТОК АЛОВА	3	3	1000			
ЖОЛТА	4	4	10000			400
ЗЕЛЕНА	5	5	100 000	±5%	±0,5рF	
СИНА	6	6				630
ВИОЛЕТ ОВА	7	7	10 <sup>-3</sup>			
СИВА	8	8	10 <sup>-2</sup>		±0,25рF	
БЕЛА	9	9	10 <sup>-1</sup>	±10%	±1рF	1000

Во случај на три обоени прстени (А,В,М) првите два се цифри, а третиот е множител. Во случај на четири обоени прстени (А,В,М,Т) првите два се однесуваат на цифри, третиот е множител, а четвртиот толеранција. Додека во случај на пет обоени прстени (А,В,М,Т,У) првите два се однесуваат на цифри, третиот е множител, четвртиот толеранција, а петиот номинален напон.



Сл14. Обележување на кондензатори со боја

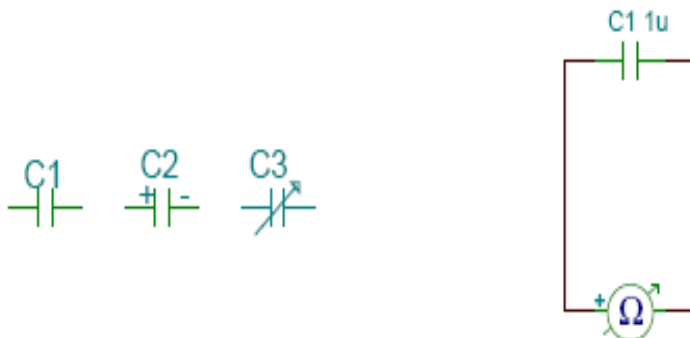
### Испитување на кондензатор

Кондензаторите се испитуваат со мерење на неговиот капацитет со инструмент. Ако е исправен кондензаторот инструментот треба да ја покаже неговата вредност означена на самиот кондензатор а во границите на зададената толеранција. Друг начин за испитување на исправноста на кондензаторот е со користење на аналоген омметар. Имено, Кога кондензаторот ќе се приклучи на омметар тој почнува да се полни со струја од батеријата на инструментот и таа струја е поголема на почетокот, а потоа е се помала. Тоа значи дека на почетокот отпорноста е мала а потоа станува се поголема. Сето тоа се одвива доста брзо.

## Вежба бр4.

### Кондензатори

1) Електрична шема



2) Упатство за изведување на вежбата

Прочитај ја вредноста на капацитетот на кондензаторите и со омметар испитај ја нивната исправност. Добиените резултати запиши ги во табела.

3) Табеларен приказ на резултатите од вежбата

Реден број	Капацитет[F]	Максимален напон [V]	Исправност на кондензаторите
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

4) Заклучок

---

---

---

---

---

## Калеми

---

Калеми служат за претварање на електрична енергија во магнетна и обратно. Тоа се пасивни елементи кои се користат во кола на наизменична струја, а за еднонасочна струја претставуваат куса врска.

Се состојат од поголем број намотки од бакарна жица намота врз изолационен материјал или намотана без јадро од некој материјал.

$$L = \mu_0 \mu_r \frac{N^2 S}{l}$$

L – Индуктивност

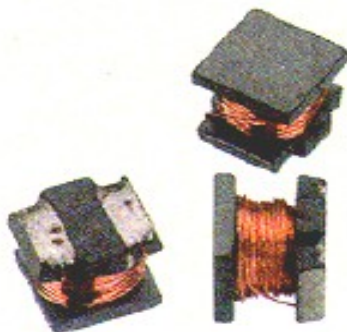
$\mu_0$  – Магнетна пермеабилност на вакуум

$\mu_r$  – Релативна магнетна пермеабилност на материјалот во јадрото на калемот

N – Број на намотки

S – Површина на напречен пресек на калемот

l – Должина на калемот



Сл15. Калеми

Најважни параметри на калемот се:

- Индуктивност L[H]
- Максимално дозволени напон, струја и моќност
- Сопствена капацитивност на калемот  $C_L$
- Сопствена резонантна фреквенција  $f_r$  (Најголема фреквенција до која калемот може да се користи како калем, бидејќи над таа фреквенција почнуваат да преовладуваат капацитивните својства)

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_L}}$$

- Сопствена отпорност  $R_L$  (Отпорност на жицата од која е изграден калемот)

### Видови калеми

Според видот на јадрото врз кое се намотани намотките постојат два типа на калеми:

- Калеми со немагнетно(воздушно) јадро (воздух, пластика, керамика)
- Калеми со феромагнетно јадро (меко железо или некоја легура од железо)

Според видот на намотките постојат три типа на калеми:

- Еднослојни калеми
- Повеќеслојни калеми
- Повеќеслојни накрсно намотани калеми

Според работната фреквенција разликуваме:

- Калеми за ниски(аудио) фреквенции
- Калеми за високи(радио) фреквенции

### **Обележување на калеми**

- 1) Алфанумеричко обележувањето
- 2) Обележување со бои

**Алфанумеричко обележување** значи запишување на вредноста на индуктивноста на самиот калем, а ако има простор и останатите параметри како толеранција, максимална струја и сл.

**Обележување со бои** значи користење на истиот систем како кај отпорници (A,B,M) со таа напомена што овде прочитаните вредности се во [ $\mu\text{H}$ ].

### **Испитување на калеми**

Отпорноста помеѓу двата краја на калемот треба да биде мала ако калемот е исправен. Таа отпорност се движи од делови од  $\Omega$  до неколку  $K\Omega$ .

Ако пак се добие многу голема отпорност тогаш калемот е во прекин. Вредноста пак на индуктивноста може да се измери со мерач на индуктивност.

## Вежба бр5.

---

### Калеми

---

1) Електрична шема



- 2) Упатство за изведување на вежбата  
Прочитај ја вредноста на индуктивност на калемите а потоа испитај ја нивната исправност со омметар.
- 3) Табеларен приказ на резултатите од вежбата

Реден број	Индуктивност[H]	Максимална струја[A]	Исправност на калемите
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

4) Заклучок

---

---

---

---

---

## Трансформатори

---

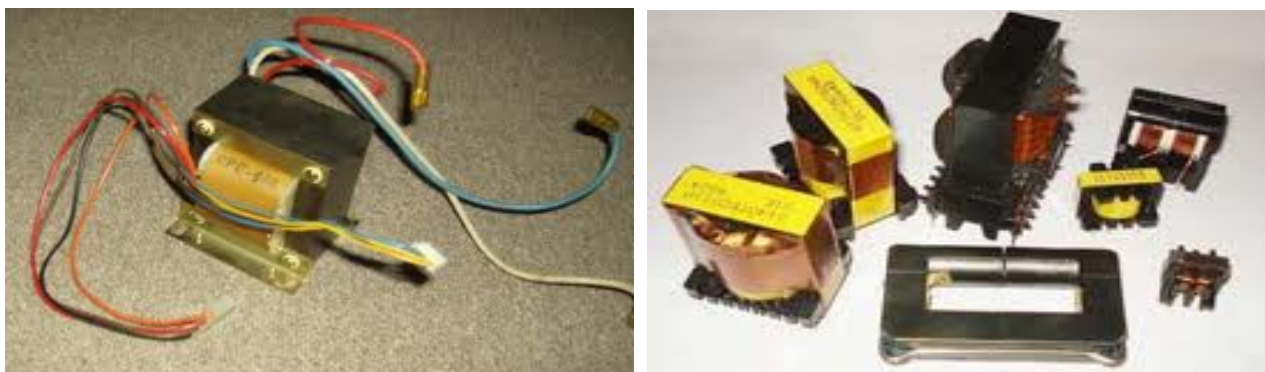
Трансформатори се елементи кои наизменичниот напон со одредена вредност го претвара во наизменичен напон со друга вредност. Во некои случаи трансформаторите служат за галванско одвојување на две струјни кола. Трансформаторот се состои од две посебни намотки намотани врз железно јадро.

Намотката на која се приклучува напонот кој треба да се трансформира се вика примарна намотка или примар. Втората намотка се вика секундарна намотка или секундар. Број на навивките на примарот се означува со  $N_1$ , а број на навивки на секундарот се означува со  $N_2$ .

Намотките се изработуваат од бакарна жица изолирана со лак. Железното јадро се изработува од меѓусебно изолирани лимови. Намотките можат да имаат и повеќе изводи.

Однос меѓу бројот на навивки на секундарот и бројот на навивки на примарот се вика **коэффициент на трансформација или преносен број**:

$$n = \frac{N_2}{N_1}$$



Сл16. Трансформатори

Ако се занемарат губитоците на моќност во трансформаторот тогаш можеме да сметаме дека:

$$P_1 = P_2 \quad \rightarrow \quad \frac{N_1 I_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

**Коефициент на полезно дејство:**

$$\eta[\%] = \frac{P_s}{P_p} * 100$$

### Испитување на трансформатори

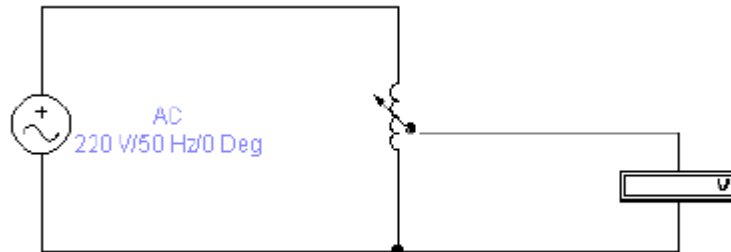
Исправноста на трансформаторот се врши со помош на омметар. Имено отпорноста помеѓу двата краја на примарот треба да биде мала (делови од  $\Omega$  до наколку  $K\Omega$ ). Исто така и отпорноста помеѓу двата краја од секундарот треба да е мала. Во спротивно ќе значи дека намотката е во прекин.

Од друга страна исправен трансформатор треба да има бесконечно голема отпорност помеѓу било кој крај на примарот и било кој крај на секундарот, како и

пoмeѓy jадрoтo и билo кoј крaј нa пpимaрoт и сeкундaрoт.

Акo пpи вaквo мeрeњe oммeтaрoт пoкaжe мaлa oтпopнoст тoa знaчи дeкa имa крaтoк спoј пoмeѓy пpимaрoт и сeкундaрoт пa тaквoт тpансфopмaтoр e нeпoтpеблив.

Автoтpансфopмaтoр e oнoј тpансфopмaтoр кoј имa сaмo eднa нaмoткa, a слyжe зa рeгулирaњe нa излeзниoт нaпoн.



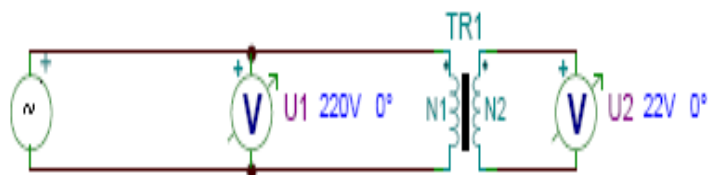
## Вежба бр6.

---

### Трансформатор

---

1) Електрична шема



2) Упатство за изведување на вежбата

Поврзи го трансформаторот според дадената електрична шема. Потоа со помош на двата волтметри измерете го примарниот и секундарниот напон. Менувајте ја вредноста на влезниот напон а резултатите добиени со мерење на волтметрите внесете ги во табела

3) Табеларен приказ на резултатите од вежбата

Влезен напон	U1[V]	U2[V]
E1=20V		
E2=15V		
E3=10V		

4) Заклучок

---

---

---

---

---

## Батерии и акумулатори

---

Батерии и акумулатори се извори на електрична струја кои се базираат на принцип на електролиза. Батериите уште се нарекуваат и **примарни извори**, додека акумулаторите се нарекуваат **секундарни извори**. Основната разлика е во можноста акумулаторите да се полнат откако еднаш ќе се испразнат, меѓутоа при следното користење капацитетот најчесто е намален.

Електролиза е процес на течење на струја низ раствори наречени електролити.

Ако во електролит се вметнат две плочи со различен хемиски состав заради електролитската поларизација помеѓу плочите ќе се појави некој напон  $E$ . На овој принцип функционираат батериите.

Акумулаторите функционираат многу слично со тоа што имаат можност да се наполнат откако еднаш се испразнети.

Батериите и акумулаторите заеднички се нарекуваат **хемиски извори** на електрична струја затоа што хемиската енергија се претвара во електрична.



Сл17. Хемиски извори на електрична струја

### Примарни извори на електрична струја – батерии

Секоја батерија се состои од три компоненти:

- Анода
- Катода
- Електролит

Анода е позитивната електрода која ги привлекува електроните преку електролитот, а потоа ги упатува кон катодата.

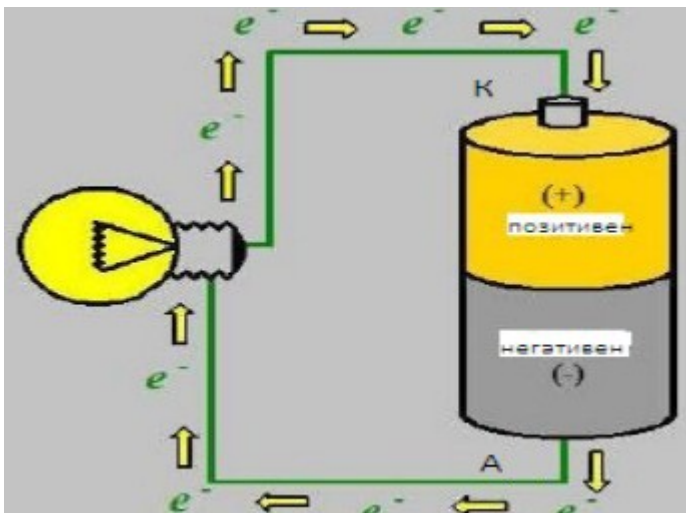
Катодата е негативна електрода која ги прима електроните од анодата преку проводникот со кој се споени двата краја од батеријата со што се овозможува течење на струја.

Електролитот ги одвојува анодата и катодата и овозможува течење на електрична струја.

Едноставна батерија можеме да направиме ако користиме еден лимон, парче бакар и парче цинк. Сокот внатре во лимонот е киселина па може да настане процес на електролиза. Бакарот и цинкот ќе ни послужат како електроди. Под дејство на двата метали доаѓа до појава на електролитска поларизација т.е. Привлекување на јони од двете парчиња метал со што е формирана едноставна батерија.

Со помош на волтметар можеме да измериме колкав напон на своите краеве дава една таква батерија.

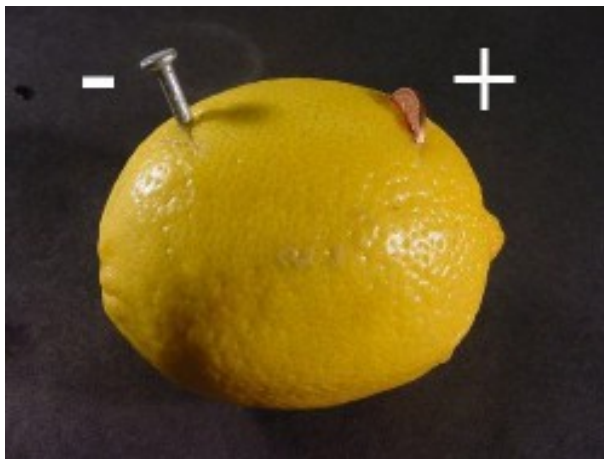
Позитивната електрода (ано



да) е споена со негативниот дел од батеријата кој настанува како последица на електролитската поларизација т.е. привлекување на јоните од електролитот од страна на двата метали од кои се изградени електродите.

Негативната електрода пак е споена со позитивниот дел на батеријата. Притоа електроните кои ја сочинуваат струјата се пренесуваат преку надворешното коло од анода кон катода.

Сл18. Градба на батерија



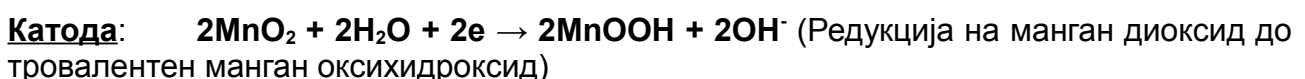
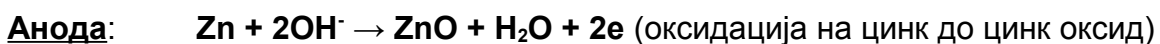
Сл19. Лимон батерија

Воглавно денеска батериите се произведуваат во форма на таканаречени “суви батерии“ што значи дека течниот електролит внатре во батеријата се згуснува за да не истече.

#### Алкални манган диоксид-цинк батерии

Како електролит во овој случај се користи воден раствор на калиум хидроксид(KOH), а како електроди цинк и манган диоксид.

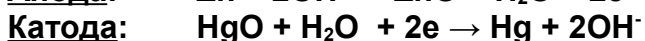
Хемиските реакции кај вакви алкални манган-диоксин-цинк батерии се следниве:



Номинален напон кај овие батерии изнесува 1,5 V а краен напон при празнење има вредности помеѓу 0,7 и 1V.

#### Алкални жива оксид – цинк батерии

Позитивната електрода кај овие батерии е живин оксид, негативната електрода е цинк а електролит е воден раствор на калиум хидроксид.



#### Секундарни извори на електрична струја – акумулатори

Секундарни хемиски извори на електрична струја се викаат акумулатори. Тие можат

да се обновуваат со протекување на електрична струја низ нив во насока спротивна од насоката на струја што ја дава акумулаторот кога работи како извор.

Според материјалот од кој се изградени електродите разликуваме:

- Оловни акумулаторите
- Челични акумулаторите
- Сребрени акумулаторите

### **Оловни акумулатори**

Наполнет оловен акумулатор се состои од позитивна електрода(анода) изградена од оловен оксид, негативна електрода(катода) изградена од олово и електролит од сулфурна киселина растворена со вода. Според тоа хемиските реакции при празнење на акумулаторот се:

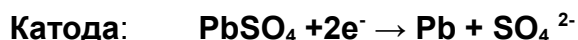


Тоа значи дека како резултат на празнење на акумулаторот електродите се претвараат во оловен сулфат, а двата електрони преминуваат од анода на катода.

Со празнењето на акумулаторот се троши сулфурната киселина и се ослободува вода која навлегува во електролитот и ја намалува неговата концентрација.

Напонот зависи од густината на електролитот и внатрешниот отпор, а изнесува околу 2V по ќелија.

При полнење на акумулаторот се одвива обратниот процес при што и насоката на струјата е спротивна:



### **Челични алкални акумулатори (никел-кадмиум акумулатори)**

Како електролит користат 20%-тен воден раствор на калиум хидроксид(KOH), позитивната електрода е изградена од никел хидроксид[Ni(OH)<sub>3</sub>] додека негативната електрода е изградена од кадмиум(Cd) или железо(Fe). Куќиштето на овој акумулатор е челично од каде го добива името.

При полн акумулатор напонот е околу 1,4 V но постепено се намалува и се стабилизира на вредност од 1,2 V. Овој напон се одржува низ целиот период на празнење се додека ќелијата не се испразни за 20%. После тоа напонот многу брзо ќе падне на вредност помала од 1,2V. Век на траење е доста долг т.е. Околу 2000 циклуси и околу 10 години. Се одликуваат со мала маса и едноставна употреба. Се користат за различни преносни уреди со мала моќност како светилки, фотоапарати.

### **Сребрени алкални акумулатори (сребро-цинк акумулатори)**

Кај наполнет сребро-цинк акумулатор негативната електрода е изградена од цинк Zn, позитивната електрода е изградена од сребро-диоксид Ag<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, а електролитот е воден раствор на калиум хидроксид(KOH + H<sub>2</sub>O).

Животниот век на овие акумулатори изнесува околу 300 циклуси на полнење и празнење во лабораторија и околу 150 циклуси во пракса. Временски имаат многу краток рок кој изнесува околу една година.

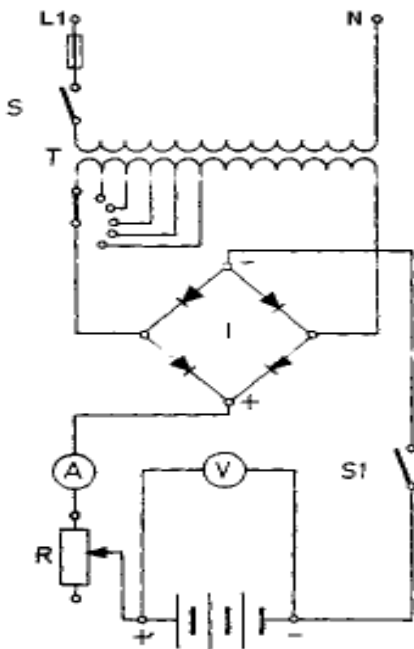
Недостаток на овие акумулатори е начинот на полнење т.е. Можат да се полнат само со специфични полначи кои даваат можност да се полнат секој од ќелиите поединечно. Поради високата цена и краток век на траење нивната употреба е

ограничена на специјални уреди како што се системи за наведување на ракети,  
некои типови на мотори и др.

## Вежба бр7.

### Полнење на оловен акумулатор

#### 1) Електрична шема



S - Прекинувач за наизменично струјно коло  
T - Трансформатор  
I - Исправувач  
S1 - Прекинувач  
R - Реостат

#### 2) Упатство за изработка на вежбата

Акумулаторот се полни доколку се поврзе на еднонасочна струја според шемата дадена на сликата. Претходно треба да се наполни внатрешноста на акумулаторот со електролит. Со помош на променливиот отпорник може да се регулира струјата со која ќе се полни акумулаторот.

После полнењето на акумулаторот треба да се исклучи од изворот на еднонасочна струја и да се измери напонот и специфичната густина односно тежина со што ќе се провери наполнетоста на акумулаторот.

Специфична густина на електролит се мери со инструмент наречен ареометар(бомеметар).

Во случај на оловен акумулатор електролитот е сулфурна киселина растворена во вода, а електродите се оловен оксид и чисто олово.

При полнење и празнење на акумулаторот струјата не треба да ја надмине вредноста дадена од производителот. Ако не е зададена таква вредност обично земаме дека капацитетот на акумулаторот е зададен за 10 часовно полнење т.е. празнење па струјата ја пресметуваме според следната формула:

$$C=36 \text{ Ah(ампер часови)}$$

$$t=10 \text{ часа}$$

$$I=C/t=3,6\text{A}$$

Во однос на напонот помеѓу електродите вредностите на кои треба да внимаваме се:

Номинален напон на една келија: **2V**

Максимален напон: **2,75V** (најголем напон при полнење)

Минимален напон: **1,83V** (најмал напон при празнење)

Специфична тежина на електролитот е поголема доколку концентрацијата на

сулфурната киселина е поголема.

Специфична тежина[g/cm <sup>3</sup> ]	Специфична густина[°Be]	Напон по келија на акумулатор [V]	Состојба на акумулатор
1,24	28	2,75	полн
1,2	24	2	полупразен
1,18	22	1,83	празен

Откако ќе го приклучите акумулаторот да се полни мерете го напонот на секој час и вредностите претставете ги графички.

Напонот на кој треба да се приклучи акумулаторот треба да изнесува  $U=n*2,75(V)$  каде што n е број на келии во акумулаторот

3) Графички приказ на резултатите од вежбата

4) Заклучок

---

---

---

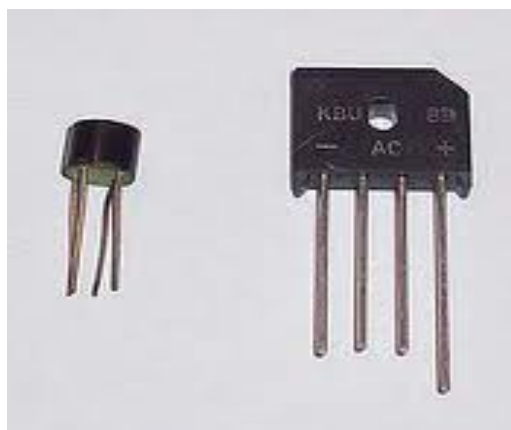
---

---

## Полубранов и целобранов исправувач

---

- 1) Полубранов исправувач се состои од полупроводничка диода и мрежен трансформатор. На излез е поврзан отпорник, односно потрошувач. Мрежниот трансформатор ја менува амплитудата на наизменичниот напон, додека диодата го исправува(насочува) тој напон. За време на позитивната полупериода од наизменичниот сигнал диодата е директно поларизирана и низ неа тече струја, како и низ отпорникот на излез. Во тој случај напонот од влез се пренесува на излез намален за падот на напонот на диодата. За време пак на негативната полупериода не тече струја низ диодата односно низ отпорникот на излез, па напонот на неговите краеве е нула. Токму заради таквиот начин на работа ваквиот исправувач се нарекува полубранов. Напонот на излез и покрај тоа што е насочен(исправен) т.е. Претворен од наизменичен во еднонасочен сепак нема константна вредност туку има своја максимална и минимална вредност. За да се подобри таквиот облик т.е. да се добие напон за кој ќе можеме да сметаме дека има мала разлика помеѓу максималната и минималната вредност паралелно со отпорникот се поврзува кондензатор. Кондензаторот има задача да се полни за време на позитивната полупериода преку диодата, а да се празни за време на негативната полупериода преку отпорникот. Тој всушност му обезбедува струја на потрошувачот за време на негативната полупериода со што не дозволува големо варирање на напонот на потрошувачот. Колку капацитетот на кондензаторот е поголем толку осцилирањето на напонот на потрошувачот е помало.
- 2) Целобранов исправувач се состои од четири(4) диоди поврзани во таканаречен грецов спој и мрежен трансформатор. На излез од исправувачот се поврзува отпорник т.е. потрошувач. За време на позитивната полупериода проведуваат струја диодите D1 и D2, додека за време на негативната полупериода проведуваат D3 и D4. Затоа низ потрошувачот тече струја за време на двете полупериоди и исправувачот се нарекува целобранов. И во овој случај како филтерски елемент кој го подобрува обликот на излезниот напон се користи електролитски кондензатор кој се полни преку D1 и D2 за време на позитивната полупериода, односно преку диодите D3 и D4 за време на негативната полупериода. Кондензаторот се празни преку отпорникот R кога напонот на кондензаторот е поголем од напонот во секундарното коло. Исто како кај полубранов исправувач кондензаторот не дозволува поголеми осцилации на излезниот напон.

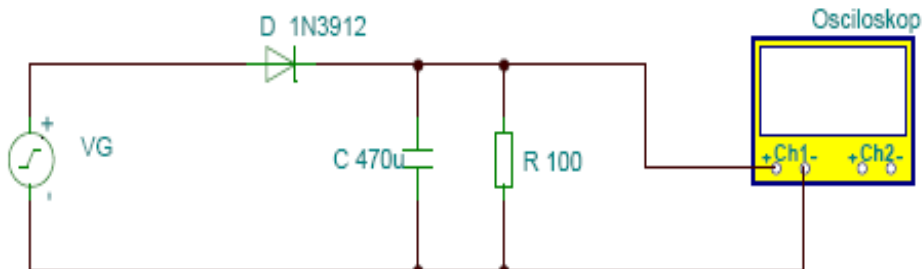


Сл20. Грецов спој

## Вежба бр8.

### Полубранов исправувач

#### 1) Електрична шема



#### 2) Упатство за изработка на вежбата

Со помош на осцилоскоп снимете го напонот на краевите од потрошувачот R за различни вредности на потрошувачот R и кондензаторот C. Нацртајте ги добиените графици според добиените резултати на осцилоскоп. За секое од мерењата пресметајте ја разликата помеѓу максималната и минималната вредноат на напонот на потрошувачот и резултатите внесете ги во табела.

#### 3) Табеларен и графички приказ на резултатите од вежбата

Реден број	Напон на извор[V]	Отпорник [R] [Ω]	Кондензатор C [μF]	U1-U2 [V]
1	5	1000	1	
2	5	1000	470	
3	5	1000	4700	
4	5	10	470	
5	5	10	4700	

#### 4) Заклучок

---

---

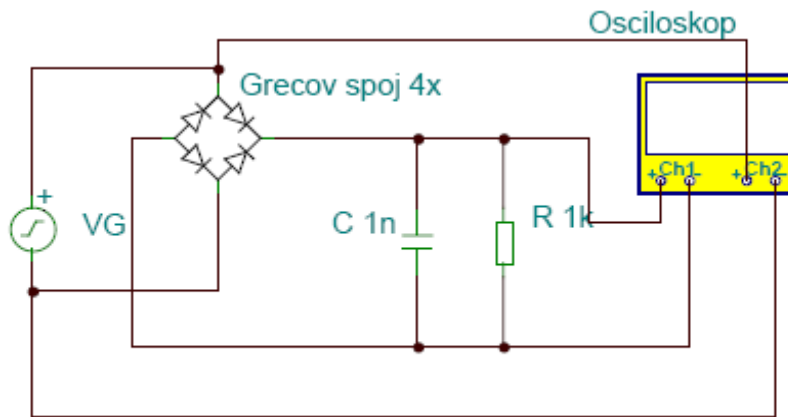
---

---

## Вежба бр9.

### Целобранов насочувач

#### 1) Електрична шема



#### 2) Упатство за изработка на вежбата

Со помош на осцилоскоп снимете го напонот на краевите од потрошувачот R за различни вредности на потрошувачот R и кондензаторот C. Нацртајте ги добиените графици според добиените резултати на осцилоскоп. За секое од мерењата пресметајте ја разликата помеѓу максималната и минималната вредност на напонот на потрошувачот и резултатите внесете ги во табела.

#### 3) Табеларен и графички приказ на резултатите од вежбата

Реден број	Напон на извор[V]	Отпорник [R] [Ω]	Кондензатор C [μF]	U1-U2 [V]
1	5	1000	1	
2	5	1000	470	
3	5	1000	4700	
4	5	10	470	
5	5	10	4700	

#### 4) Заклучок

---

---

---

---

---

## Осцилоскоп

---

Осцилоскоп е инструмент со кој визуелно може да се набљудуваат бранови форми на електрични величини. Осцилоскопот пред се го прикажува приклучениот напон на неговите приклучоци меѓутоа можеме да набљудуваме и други електрични и неелектрични величини доколку предходно се преобразат со соодветен преобразувач во електричен напон.

Освен набљудување осцилоскопот овозможува и мерење како и меморирање на некои параметри на електричните сигнали.

Во основниот режим на работа на екранот од осцилоскопот се добива слика на брановата форма на електричната величина која сакаме да ја набљудуваме. Приказот на влезната големина е една светлечка крива која се нарекува **осцилограм**



Сл21. Осцилоскоп

### Мерење со осцилоскоп

Напонот чијшто бранов облик сакаме да го добиеме на екранот преку мерната сонда се доведува на еден од влезовите Хили Y. Мерната сонда со осцилоскопот се поврзува преку коаксијален кабел со BNC конектор. Куќиштето на осцилоскопот преку кабелот за приклучок на осцилоскоп со мрежното напојување е заземјено. На сондите од осцилоскопот постојат метални преклопници со кои влезниот сигнал може да се проследи директно или да се ослаби најчесто за 10 пати или 100 пати во зависност од тоа за каков осцилоскоп се работи.

Во принцип осцилоскопот може да работи во три режими на работа кои се одбираат со помош на еден преклопник и тоа AC, DC или GND.

**AC положбата** на преклопникот се користи кога сакаме да мериме наизменичен напон или кога сакаме да ја одвоиме само наизменичната компонента од сигнал кој е комбиниран т.е. содржи и еднонасочна и наизменична компонента.

**DC положбата** се употребува кога испитуваме или мериме еднонасочни напони, а во овој режим на работа на екранот ќе се добие комплетниот осцилограм на еднонасочна и наизменична компонента доколку се работи за комбиниран напон.

**GND положбата** (маса – заземјување) се употребува да го доведеме светлосниот траг во почетната положба. Имено, кога преклопникот е во оваа положба со помош на соодветен потенциометар може да се поместува светлата линија на екран во вертикален правец. Најчесто пред мерењето светлосниот траг го поставуваме да се поклопи со средната хоризонтална линија од екранот (нулто ниво).

На предната страна од дигиталниот осцилоскоп со кој ги вршиме нашите мерење се наоѓаат повеќе копчиња за подесување на начинот на работа на осцилоскопот:

**CH<sub>x</sub> MENU:** (копче) со кое се подесуваат параметри на еден од двата канали CH1 или CH2.

После притискање на **CH<sub>x</sub>** копчето во десниот дел на екранот се појавуваат следниве опции за подесување:

- **Coupling:** дефинира дали на екранот се прикажува целиот сигнал(DC), наизменичната компонента (AC) или нулто ниво на сигналот(GND).
- **BW Limit:** го дефинира пропусниот опсег на сигналот на соодветниот канал
- **Volts/Div:** дефинира дали преку потенциометарот Volts/Div се врши фино(fine) или грубо(coarse) подесување на вредностите на напонот по поделок. Опцијата најчесто се подесува на “coarse”.
- **Probe:** го дефинира напонското засилување на сондата. Се подесува на 1x и не се менува.
- **Invert:** дефинира дали приказот на екранот е инвертираниот сигнал или не. Опцијата се подесува на “off”.

**POSITION:** (копче) за поместување на приказот на сигналот горе/доле. (напомена: доколку нулата на сигналот не е прикажана на екран ознаката која го покажува нултото ниво се наоѓа во горниот лев или долниот лев агол и стрелката е свртена надолу или нагоре соодветно)

**VOLTS/DIV:** (потенциометар) за подесување на напонската вредност на еден поделок(волти по поделок).

**TIME/DIV:** (потенциометар) за подесување на секунди по поделок

**TRIGGER MENU:** (копче) кое ги отвора следниве опции за подесување а кои се однесуваат на тригерирањето на сигналите:

- **Type Source:** го дефинира типот на тригер. Опцијата се подесува на “Edge”.
- **Source:** дефинира на што се однесува тригерот. Опцијата се подесува на CH1 или CH2 во зависност од тоа кој канал го набљудуваме на екран.
- **Slope:** дефинира дали го тригерираме сигналот на растечки или опаѓачки раб.
- **Mode:** дефинира дали на екранот постојано се прикажува сигналот(auto) или само после тригерирањето(normal).
- **Coupling:** Опцијата се подесува секогаш на DC. Тоа значи дека тригерирањето се однесува на целокупниот сигнал.

**LEVEL:** (потенциометар) кој се користи за подесување на напонското ниво на тригерот. Нивото треба да се подеси да одговара на средната вредност на сигналот кој го набљудуваме.

**AUTO SET:** (копче) за автоматско позиционирање на сигналот. Се користи доколку е неопходно.

**ACQUIRE:** (копче) за дефинирање на начин на селекција т.е.земање на примероци при обработката на електричниот сигнал

- **Sample**: најчесто користена опција која подразбира земање на примероци од аналогниот сигнал и негово претварање во дигитален заради понатаможна обработка и прикажување на екран.
- **Average**: опција која се користи доколку се набљудуваат периодични сигнали со доста шум.
- **Peak detect**: се користи во многу ретки случаи за обработка на некои специфични сигнали.(нема да ја користиме).

**DISPLAY**:(копче) за подесување параметри за прикажување на примероците од сигналот.

- **Type**: се подесува начинот на прикажување на примероците од сигналот во форма на точки(dots) или вектори(vectors). Најчесто опцијата е подесена на "vectors".
- **Persist**:опцијата се подесува на "off" и претставува опција да точките остануваат одредено време на екран
- **Format**: дефинира во кој формат го набљудуваме сигналот т.е. Дали е дадена зависноста на влезниот сигнал од времето или од вториот влезен сигнал. Тоа значи дека можни опции се Yt формат или Хуформат.
- **Contrast increase**: се подесува зголемување на контраст
- **Contrast decrease**: се подесува намалување на контраст

**MEASURE**:(копче) се користи за мерење на некои параметри на сигналот на некој од каналите.

Со притискање на овој тастер се отвараат опции за селекција на CH<sub>1</sub> и "none". Со повторно притискање на CH<sub>1</sub> се отвараат подопции :

- **Souce**: врши избор на канали CH1 или CH2.
- **Type**: врши избор на параметри кои се мерат T, Pk – Pk, MIN, MAX и сл.
- **Back**: Враќање од менито со подопции

**RUN/STOP** : (копче) кое подесува нормален или замрзнат режим.

- **Run**: нормален режим дефиниран со останатите подесувања
- **Stop**: сликата е замрзната и се задржува се до повторно притискање на тастерот Run/Stop.

**SAVE/RECALL**: (копче) кое се користи за меморирање на најмногу два временски облици во меморијата на осцилоскоп и нивно прикажување. Со притискање на копчето се отвараат следниве опции:

- **Setups/Waveforms:** се подесува на “waveforms“ за меморирање на бранови форми.
- **Source:** се избира кој канал ќе се меморира и прикажува.
- **Ref:** се одбира една од двете мемориски локации А или В.
- **Save:** со притискање на оваа копче се снима обликот на сигналот дефиниран во полето “source“ во меморија дефинирана со А или В.
- **Refx:** приказ на екран содржина на меморија дефинирана со RefA или RefB(опција ON) или отстранување на приказот(опција OFF).

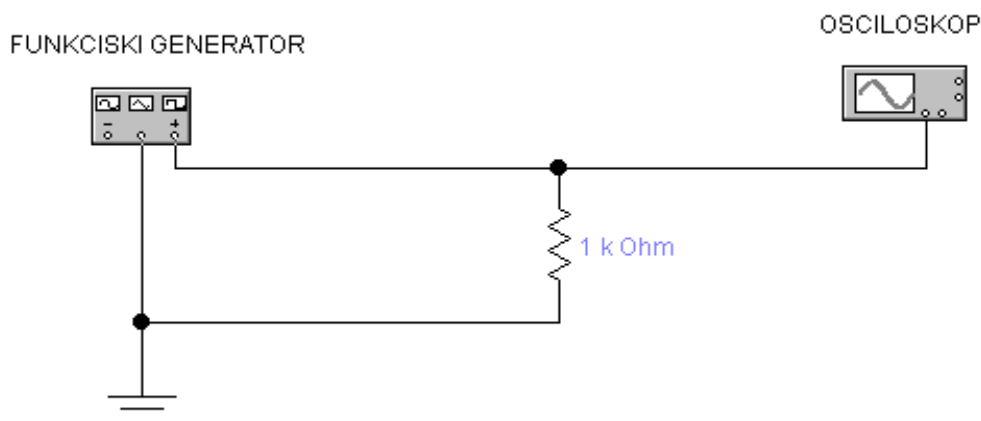
## Вежба бр10.

---

### Мерење со осцилоскоп

---

#### 1) Електрична шема

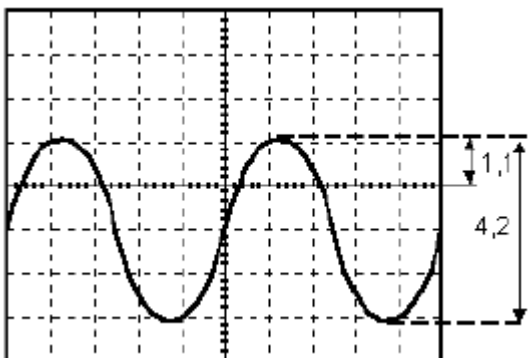


#### 2) Упатство за изработка на вежбата

##### а) Мерење на амплитуда и еднонасочна компонента

За да се пресмета амплитуда на сигнал кој се набљудува на осцилоскоп најпрвин треба да се пресмета напонот од врв во врв  $V_{pp}$ . Тоа значи дека треба да се определи колку поделоци има од минималната до максималната вредност а потоа тој број да се помножи со вредноста Volts/Div. За да ја пресметаме амплитудата на сигналот вредноста на  $V_{pp}$  треба да подели со два. Еднонасочната компонента се пресметува на тој начин што се определува бројот на поделоци кои се во позитивниот дел од вертикалната оска (пред да се прикаже сигналот со помош на GND нултата положба е поставена да низ централната линија), тој број се множи со Volts/Div, а од така добиената вредност се одзема вредноста на амплитудата. Онаа што ќе се добие на тој начин е всушност еднонасочната компонента односно вредноста на поместувањето на сигналот кон горе или доле во однос на централната оска.

Пример: (Volts/Div=0,2V)



$$V_{pp}=4,2 * 0,2=0,84V$$

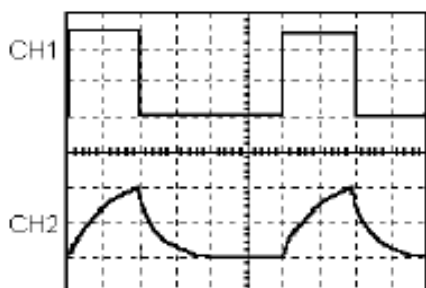
$$U_m=V_{pp}/2=0,84/2=0,42V$$

$$U(\text{позитивен}) = 1,1 * 0,2=0,22V$$

$$U_{dc}=0,22-0,42= - 0,2V$$

### Задача1.

На сликата се прикажани два напонски облици на два канали од осцилоскоп. Пресметај ги амплитудата и еднонасочната компонента на двата сигнали.

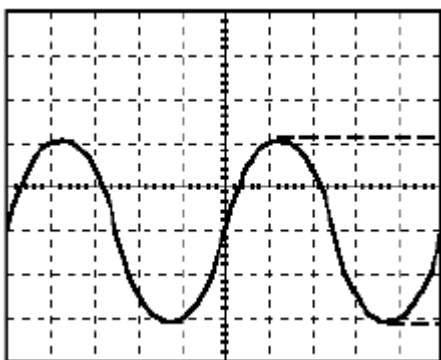


(Volts/Div = 2V/div)

(Time/Div = 20µs)

### б) Мерење на фреквенција

Фреквенцијата може да се определи на два начина. Едниот е со користење на временската база, вториот со помош на "LISSAJOU" - ови криви (кривите на лисажу).

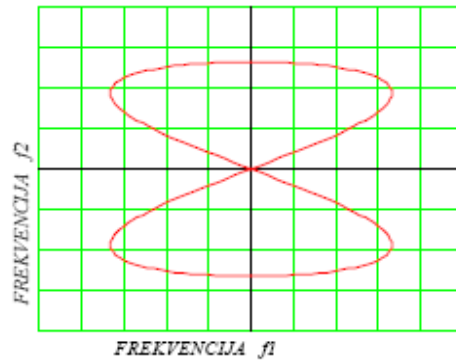


- 1) Сигналот е синусоиден. Фреквенцијата се пресметува со помош на периодата  $T$ . Имено, периодата се пресметува со множење на бројот на поделоци во кои се повторува една периода со вредноста  $\text{Time/Div}$ . Така добиената вредност за периода се користи за пресметување на фреквенција според следната формула:

$$f=1/T$$

- 2) При користење на оваа метода осцилоскопот работи во X-Y режим. На првиот канал се

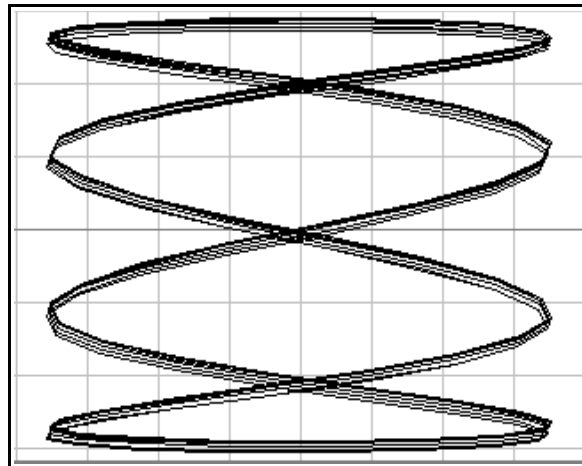
доведува синусниот сигнал со непозната фреквенција, а на вториот канал синусен сигнал од извор чија фреквенција можеме да ја менуваме. Од обликот на кривите се одредува односот помеѓу познатата и непознатата фреквенција. На кривите треба да се повлечат тангенти во  $X$  и  $Y$  насоки при што односот помеѓу фреквенциите изнесува:



$f_x/f_y = \text{бр. на допирни точки на тангента во } x \text{ насока} / \text{бр. на допирни точки во } y \text{ насока}$

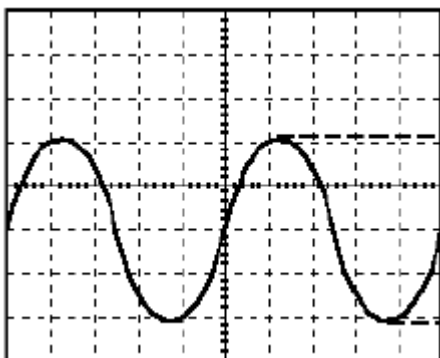
### Задача2.

Нека едниот напонски сигнал има фреквенција 100Hz, а вториот напон има непозната за нас фреквенција. Пресметај ја фреквенцијата на вториот сигнал доколку на екран од осцилоскоп се добијат криви на лисажу прикажани на долната слика.



### Задача3.

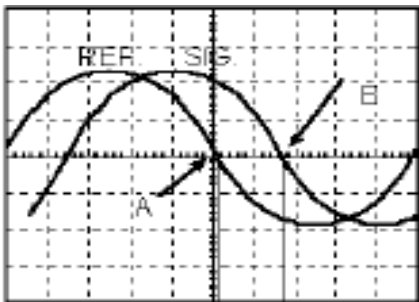
Пресметај ја фреквенцијата на напонски сигнал чијшто облик е даден на долната слика. (Time/Div = 2ms). Користи го осцилокопот во Yt режим на работа.



### в) Мерење на фаза

Наизменичните сигнали помеѓу себе можат да бидат во фаза но може и да се разликуваат според фаза. Притоа секогаш едниот фазен агол (фаза) е референтен а вториот се определува во однос на тој референтен. Референтниот сигнал го доведуваме на првиот канал.

1) Еден од начините за мерење на фаза е со користење на Yt режимот на работа на осцилоскоп. Имено, двата сигнали ги набљудуваме во споменатиот режим на работа на осцилоскопот. Притоа најпрвин треба да утврдиме колку степени од вкупните  $360^\circ$  одговараат на еден поделок од временската оска. Затоа ги броиме поделоците кои припаѓаат во една периода од сигналот. Вкупниот број од  $360^\circ$  го делиме со тој број на поделоци и добиваме колку степени одговараат на еден поделок. Потоа го определуваме временското растојание помеѓу пресечните точки на двата сигнали со X(t) оска (точка A и точка B), односно бројот на поделоци помеѓу тие две точки. Конечно кога тој број на поделоци помеѓу точките A и B ќе се помножи со бројот на степени кои одговараат на еден поделок ќе ја даде фазната разлика помеѓу двата сигнали.



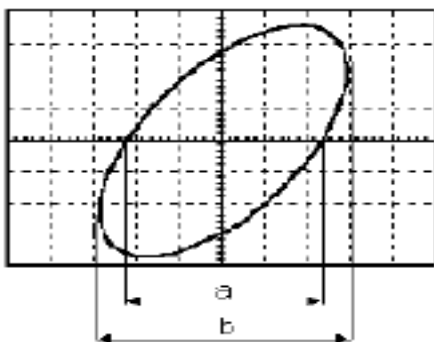
$X$  – број на поделоци што ги опфаќа сигналот по временската оска

$Z = 360/X$  (број на степени што одговараат на еден поделок по временската оска)

$X_{AB}$  – број на поделоци помеѓу A и B

$\Phi_{AB} = X_{AB} * Z$

2) Втор начин за определување на фазната разлика е со користење на XY режим на работа на осцилоскопот слично како при определување на фреквенција.

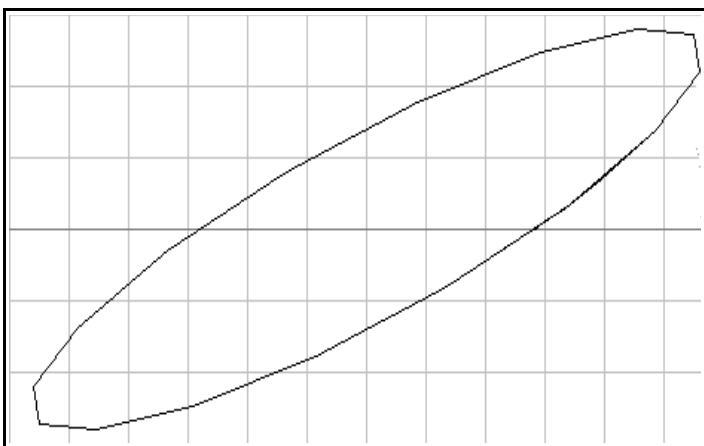


Сега двата напони се со иста фреквенција а различна фаза па на екран од осцилоскоп се добива елипса(кружница) или права. Референтниот напон се доведува на првиот канал, а вториот сигнал на вториот канал. Напонските вредности на оските ги подесуваме за да добиеме што е можно поголема слика. Ги определуваме вредностите на a и b според сликата во број на поделоци, а фазата ја пресметуваме според релацијата:

$$\Phi = \arcsin(a/b)$$

#### Задача4.

Пресметај ја фазната разлика помеѓу два напонски сигнали кои што приклучени на двата влеза во осцилоскоп во X – Y режим на работа формираат фигура на екран од осцилоскоп прикажана на долната слика.



3) Табеларен приказ на резултатите од вежбата

Задача	Резултати
1	
2	
3	
4	

4) Заклучок

---

---

---

---

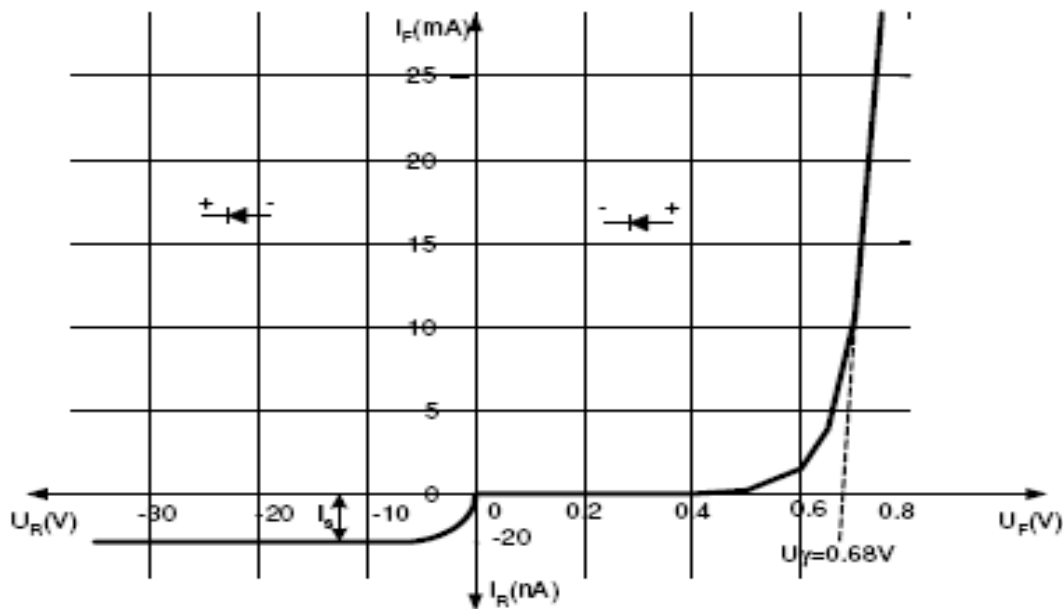
---

### Полупроводничка диода

Полупроводничка диода е елемент базиран на PN спој и нејзината главна к-ка е проведувањето на струја во директната насока и непроведување струја во инверзната насока.

#### Главни параметри на диода

→ Струјно – напонска карактеристика на диода



Оваа к – ка ја дава зависноста на струјата што тече низ диодата од напонот на нејзините краеве. Од самата карактеристика може да се забележи дека за позитивни вредности на напонот струјата низ диодата експоненцијално расне со пораст на напонот, додека за негативни вредности на напонот на нејзините краеве струјата низ неа е многу мала при што можеме да ја занемариме и да сметаме дека воопшто не тече струја.

→ **Максимална директна струја**

Кога диодата е директно поларизирана низ неа тече доста голема струја, па затоа таа се загрева. Температурата не смее да надмине 150°C за силициум и 75°C за германиум. Максимална директна струја е најголемата еднонасочна или средна вредност на наизменична струја која може да ја издржи диодата без да дојде до нејзино оштетување. Оваа струја може да има вредност од 100mA кај најслаби до 100A кај најсилни диоди.

→ **Врвна вредност на струјниот импулс**

Кога диодата се користи за насочување на наизменична струја низ диодата струјата тече во форма на импулси. Притоа врвната вредност е неколку пати поголема од средната вредност.

→ **Најголема инверзна струја**

Тоа е струјата што тече низ диодата кога таа е поларизирана со максимално дозволения инверзен напон. Таа е малку поголема од инверзната струја но сепак многу помала од директната струја и најчесто се занемарува.

→ **Напон на праг**

Тоа е напон на директна поларизација после кој настанува нагло растење на струјата низ диодата.

$$\text{Ge: } U_s = 0,3V \text{ (0,2 – 0,4V)}$$

$$\text{Si: } U_s = 0,6V \text{ (0,5 – 0,7V)}$$

→ **Пропусен напон**

Претставува пад на напон на диода кога е во проводна состојба

$$\text{Si: } U_D = (0,7 – 2) V$$

$$\text{Ge: } U_D = (0,3 – 1)V$$

→ **Пробивен напон**

Пробивен напон е инверзниот напон после кој инверзната струја нагло расне и настанува пробивање т.е. оштетување на диодата.

→ **Максимално дозволен инверзен напон**

Најголем инверзен напон што диодата може да го издржи неограничено време и неограничен број пати. Тој е секогаш помал од пробивниот напон.

→ **Максимална моќност на дисипација**

Кога диодата е директно поларизирана низ неа тече струја  $I_D$  и напонот на нејзините краеви е  $U_D$ . Тоа значи дека на неа се троши одредена моќност која се претвара во топлина (моќност на дисипација). Таа моќност е најголемата моќност што диодата може да ја издржи без да дојде до нејзино оштетување.

→ **Статичка отпорност**

Тоа е отпорноста што ја пружа диодата при еднонасочна и директна поларизација. Таа отпорност не е константна туку зависи од приклучениот напон на краевите од диодата и од струјата што тече низ неа т.е. од работната точка на диодата. Оваа отпорност најчесто изнесува од неколку  $\Omega$  до неколку десетици  $\Omega$ , а се определува од  $U - I$  карактеристиката на диода.

$$R_D = \frac{U_D}{I_D}$$

→ **Динамичка отпорност**

Тоа е отпорноста што ја пружа диодата при директна поларизација кога низ неа тече наизменична струја. Кај такви променливи напони и струи на одредена промена на напон одговара одредена промена на струја, а отпорноста може да се пресмета според следнава релација:

$$r_d = \frac{\Delta U_D}{\Delta I_D}$$

→ Диодна капацитивност

Диодата при инверзна поларизација се однесува како кондензатор со мала капацитивност. Со зголемување на инверзниот напон се зголемува широчината на потенцијалната бариера па капацитивноста се намалува.

$$C = \epsilon \frac{S}{d}$$

## Видови диоди

Според материјалот од кој се изградени диодите можат да се поделат на:

- Силициумови(Si)
- Германиумови(Ge)

Според намената и конструкцијата диодите можат да се поделат на:

- Насочувачки
- Сигнални
- Прекинувачки
- Универзални
- Зенерови
- Варикап(капацитивни)
- Тунел
- PIN
- Шоткиеви
- Фотодиоди
- Светлечка(LED)

**Насочувачки диоди** се користат за претварање на наизменичен во еднонасочен сигнал т.е. за насочување(исправување). Главна примена на ваквата насочувачка диода е кај полубрановиот и целобрановиот исправувач.

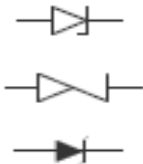
**Сигнални диоди** имаат иста намена како и насочувачките диоди меѓутоа тие се димензионираат за мали сигнали. Таквите сигнали можат да имаат високи фреквенции па затоа потребно е овие диоди да имаат мала капацитивност.

**Прекинувачки диоди** го користат истото насочувачко својство како и претходните два типа диоди со таа разлика што прекинувачките диоди работат со напони кои се менуваат скоковито, а не континуирано како кај сигналните и насочувачките диоди. Поради таквото својство тие многу нагло преминуваат од проводна во непроводна состојба па затоа потребно е да имаат брзо време на опоравување.

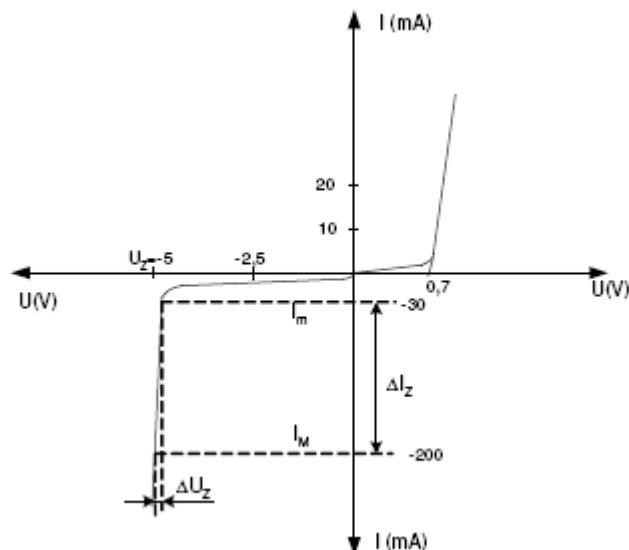
**Универзални диоди** немаат некоја специјална карактеристика или намена па наоѓаат широка примена зашто задоволуваат голем број на карактеристики за употреба во многу области. Во зависност од тоа од кој материјал се изградени тие се означуваат со:

- DUS (Универзална диода од силициум)
- DUG (Универзална диода од германиум)

**Зенер диоди** се диоди кај кои со додавање на соодветни примеси и соодветна технологија е овозможено да не настанува уништување на диодата при надминување на вредноста на пробивниот напон. Зенеровите диоди работат во инверзна поларизација и диодата е во состојба на своите краеве да одржува инверзен напон кој се наоѓа во релативно мал опсег за кој можеме да сметаме дека е константен. Тој напон се нарекува зенеров напон и е главен параметар на секоја зенер диода. Зенеровиот напон кој диодата го одржува на нејзините краеве при инверзна поларизација речиси и да не зависи од струјата што тече низ диодата па затоа главна примена на зенер диодата е во колата за стабилизација на напон.



За зенер диодите се користат различни симболи од кои најчесто користени се трите симболи дадени на сликата лево.



**Варикап(капацитивни) диоди** се диоди кои имаат значителна капацитивност на PN спојот и заради тоа се користат како кондензатори. Капацитивните диоди работат само при инверзна поларизација при што капацитивноста се менува обратнопропорционално со големината на приклучениот инверзен напон. Уште се нарекуваат и варикап диоди (variable capacitance diode).



**Тунел диоди** се диоди со силно дотиран PN спој т.е. со многу голема концентрација на мнозински носители поради што има појава на “тунел ефект“ т.е. поминување на мнозинските носители низ бариерата како низ некој тунел дури и при мал директен напон.



**Шоткиеви (schottky) диоди** се диоди кои имаат таканаречена шоткиева бариера. Таа се добива при спој на метал(алуминиум) со полупроводник од N тип. Ваквите диоди имаат помал пад на напон во проводна насока од обичните полупроводнички диоди.

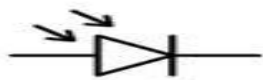


Негативни особини на овие диоди се помал пробивен напон и поголема инверзна струја. Како симбол се користи стандардниот симбол за диода или третиот кој се користи за зенер диода.

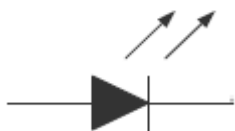
**PIN диоди** се диоди кај кои помеѓу P и N полупроводникот кои се силно дотирани постои тенок слој од чист(интринсичен) полупроводник. Се одликуваат со мала капацитивност и способност да пренесуваат сигнали со високи фреквенции.



**Фотодиоди** се диоди кај кои под дејство на светлина се менува големината на инверзната струја(поголема осветленост – поголема инверзна струја). Затоа на куќиштето има отвор заштитен со стакло преку кој диодата е достапна на светлина.



**Светлечки диоди (LED – Light Emitting Diode)** се диоди кои се вградуваат во полупрозрачна пластика со цилиндричен или кружен пресек. Меѓутоа постојат и светлечки диоди со триаголен или правоаголен облик. Според светлината што ја емитураат постојат црвени, жолти, зелени, сини и инфрацрвени LED диоди. За да емитураат светлина треба да се директно поларизирани. Најчесто се користат како индикатори за присуство на напон, претварање на напонски во светлосни импулси и др.



Сл22. LED – Светлечка диода

### Обележување на диоди

Бидејќи кај диодите е важна насоката на приклучување, најчесто е означено кој од краевите е анода односно катода. Најчесто се користи прстен исцртан околу телото на диодата на онаа страна на која е катодата. Во случај на диоди со големи моќности можно е на самото куќиште од диодата да е исцртан симболот кој укажува на тоа каде е анода, а каде катода.

Најраспространети стандарди за обележување на диодите се:

- ➔ Европскиот начин на обележување
- ➔ Американски начин на обележување

**Европскиот начин** на обележување подразбира користење на 2 букви и 3 бројки кај диоди за комерцијална употреба и 3 букви и 2 или 3 бројки кај диоди за индустриска употреба.

- Првата буква го означува материјалот од кој е изработена диодата:
  - A – (Ge)**
  - B – (Si)**
  - C – (галиум арсенид)**
  - D – (индиум антимонид)**
- Втората буква го означува видот на диодата од аспект на примена и функција на диодата:
  - A – Универзална диода**
  - B – Варикап(капацитивна) диода**
  - E – Тунел диода**
  - P – Фотодиода**
  - Q – Светлечка(LED) диода**

**Y – Диода за големи моќности**

**Z – Зенер диода**

Доколку има и трета буква треба да знаеме дека диодата е за индустриска примена, а таа буква поблиску ја одредува нејзината примена.

Бројот што следува после буквите нема некое шифрирано значење туку е каталошки број според кој можеме да ја бараме диодата во каталог каде ги има подетално изложено нејзините параметри и карактеристики.

Исклучок од оваа правило се зенер диодите кај кои бројот после буквите го означува зенеровиот напон.

**Примери:**

AA113 – Германиумова диода, универзална примена, каталошки број 113

BY605 – Силициумова диода, за големи струи, каталошки број 605

BB105 – Силициумова диода, варикап, каталошки број 105

BAU18 – Силициумова диода, универзална, индустриска за големи струи, кат. број 18

BZY9,1 – Силициумова диода, зенер, индустриска за големи струи,  $U_z=9,1V$

Американскиот начин на обележување подразбира ознака која почнува со 1N после која следуваат 3 или 4 цифри кои го претставуваат каталошкиот број на диодата.

**Примери:**

1N914

1N4148

1N4007

**Испитување на диоди**

Исправноста на диодите се испитува со омметар. На испитните шилци на инструментот постои одреден еднонасочен напон кој може да врши директна или инверзна поларизација на PN спојот на диодата. Затоа при мерење на отпорност кај диоди важна е и насоката на приклучување.

- Ако диодата е исправна омметарот во директна насока покажува мала отпорност, а во инверзна насока многу поголема отпорност (мала=1Ω; голема=неколку MΩ).
- Ако и при двете мерења (во двете насоки) омметарот покаже мала отпорност тоа значи дека диодата е пробиена (куса врска) и е неупотреблива
- Ако во двете насоки диодата има голем отпор тогаш таа е во прекин и повторно е неупотреблива

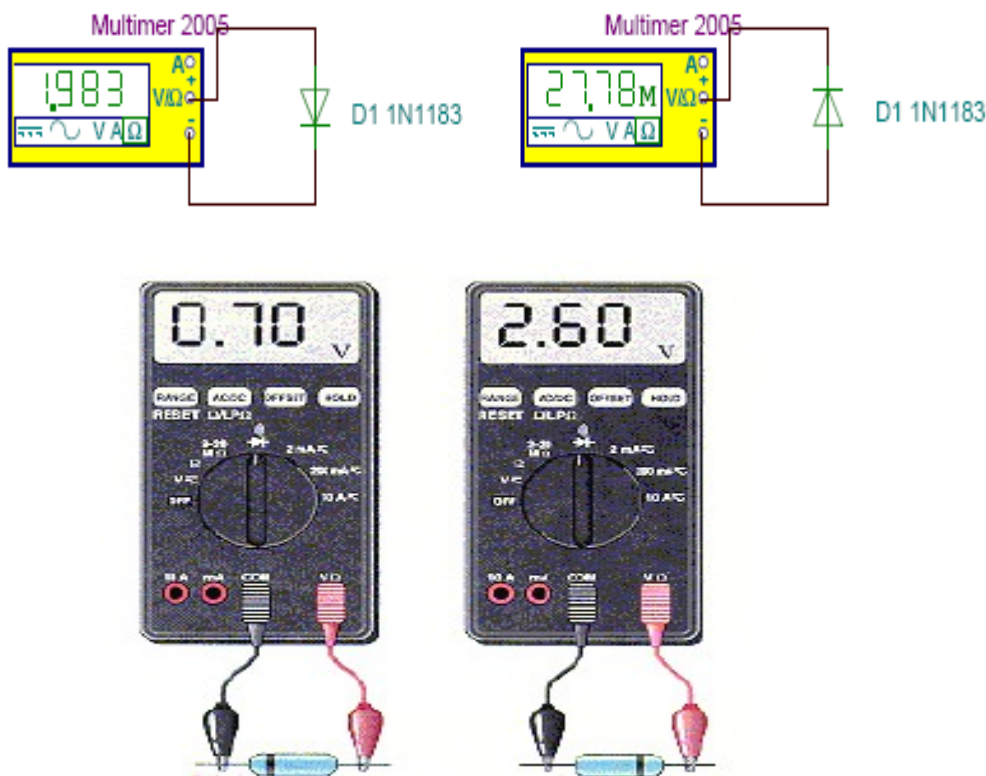
Со помош на дигитален инструмент освен исправноста можеме да утврдиме и дали диодата е германиумова или силициумова. Тоа се прави преку мерење на падот на напонот на PN спојот. Таквото испитување е можно ако инструментот има посебно подрачје за испитување на полупроводници (diode test). Притоа при директна поларизација исправна германиумова диода треба да има пад на напон од (200 – 400) mV, додека силициумова диода при директна поларизација треба да има пад на напон од (500 – 700) mV.

При инверзна поларизација треба да се појави знакот "1" или "OL" за преголема вредност или ќе покаже некоја поголема конечна вредност.(?)

## Вежба бр11.

### Типови на диоди и испитување

#### 1) Електрична шема



#### 2) Упатство за изработка на вежбата

Потребни материјали за оваа вежба се: 5 диоди и 1 омметар.

Исправноста се испитува со помош на омметар, додека типот(германиумова или силициумова) со помош на дигитален унимер поставен на подрачјето на "dioda test". Испитајте ја исправноста и утврдете го типот на 5 – те различни диоди. Резултатите прикажете ги табеларно.

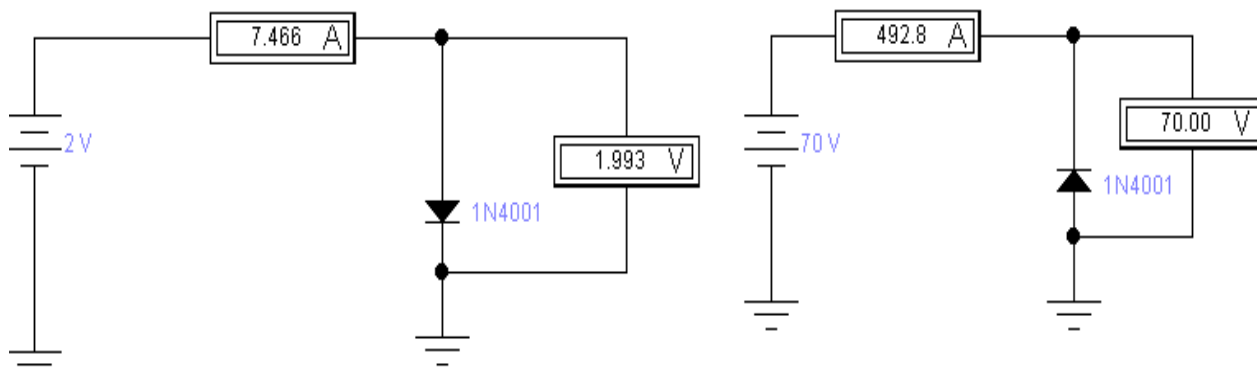
#### 3) Табеларен приказ на резултатите од вежбата

Реден број	Отпор во директна насока	Отпор во инверзна насока	Напон А - К	Напон К - А	Исправност на диода
	( $\Omega$ )	( $\Omega$ )	(V)	(V)	да/не
1					
2					
3					
4					
5					

## Вежба

### U – I Карактеристика на полупроводничка диода

#### 1) Електрична шема



#### 2) Упатство за изработка на вежбата

U – I карактеристиката на полупроводничката диода ја снимаме на тој начин што :

- Диодата ја поларизираме директно и го менуваме напонот на изворот од (0V – 2V), а вредноста на струјата ја мериме со амперметарот.
- Диодата ја поларизираме инверзно и напонот од изворот го менуваме од (0V – 70V), а вредноста на струјата ја мериме со амперметарот.
- Вредностите добиени при мерењето ги претставуваме графички со што се добива струјно – напонската карактеристика на диода.

#### 3) Графички приказ на резултатите од вежбата

#### 4) Заклучок

---

---

---

---

---

## Транзистори

---

Транзистор е полупроводнички електронски елемент кој се користи за засилување на сигнали или генерирање на различни временски облици на електричните сигнали. Освен како засилувач тој во колото може да се користи и како прекинувач. Секој транзистор има три електроди, па заради тоа и три различни струи што течат низ него.

Според материјалот од кој се изградени постојат:

- Германиумски(Ge)
- Силициумски(Si)

Според работната моќност разликуваме:

- Транзистори за мали моќности(Low Power) – до 0,5W
- Транзистори за средни моќности(Medium Power) – од 0,5W до 15W
- Транзистори за големи моќности(Power Transistor) – над 15W

Според фреквенција на сигналите разликуваме:

- Нискофреквентни транзистори(аудио)
- Високофреквентни транзистори(радио)

Според конструкција и принцип на работа имаме:

- Биполарни транзистори(Bipolar Transistor)
- Униполарни транзистори(Транзистори со ефект на поле – Field Effect Transistor)

### Биполарни транзистори

Трите електроди на биполарен транзистор се ЕМИТЕР(Е), БАЗА(В) и КОЛЕКТОР(С). Типот на полупроводникот од кој се изградени трите електроди биполарниот транзистор може да биде PNP или NPN тип. Колекторот физички е најголем и на него се развива најголема моќност. Базата физички е многу тенка и е слабо дотирана т.е. со мала концентрација на примеси, односно на слободни носители на електрицитет. Емитерот и колекторот имаат многу поголема концентрација на примеси т.е. носители на електрицитет.

NPN



PNP



Сл23.Симболи за NPN и PNP Транзистори

Кај биполарни транзистори струјата е составена од мнозински и малцински носители на електрицитет па оттука доаѓа и нивниот назив “биполарен“.

Биполарниот транзистор може да работи во четири различни подрачја на работа:

- I. Нормално активно подрачје (ACT)
- II. Подрачје на заситување (SAT)
- III. Подрачје на запирање (OFF)
- IV. Инверзно активно подрачје (IACT)

Во нормално активно подрачје работи транзистор чијшто спој Е – В е поларизиран директно, а спојот С – В е поларизиран инверзно.

Во подрачје на заситување работи транзистор чијшто двата споја се поларизирани директно.

Во подрачје на запирање работи транзистор чијшто двата споја се поларизирани инверзно.

Во инверзно активно подрачје работи транзистор чијшто спој Е – В е поларизиран инверзно, а спојот С – В е поларизиран директно.



Сл23. Биполарни транзистори

### Параметри на биполарни транзистори

#### → Коефициент(фактор) на струјно засилување

Во пракса кога зборуваме за оваа величина најчесто станува збор за коефициент на струјно засилување за транзистор во спој со заеднички емитер. Постои статички и динамички коефициент на струјно засилување:

$$\mathbf{B=h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}} \text{ (статички коефициент на струјно засилување)}$$

$$\mathbf{\beta=h_{fe} = \frac{\Delta I_B}{\Delta I_C}} \text{ (динамички коефициент на струјно засилување)}$$

Според равенките можеме да заклучиме дека факторот на струјно засилување е број кој покажува колку пати колекторската струја е поголема од базната струја кај биполарен транзистор.

Коефициентот на струјно засилување зависи од големината на колекторската струја. Секој транзистор се одликува со некоја оптимална колекторска струја при која се добива најголема вредност на факторот на струјно засилување. Вредноста на струјното засилување кај биполарни транзистори изнесува помеѓу 20 – 1000.

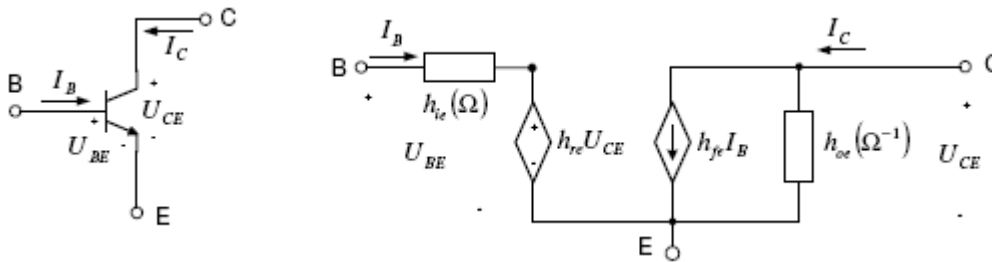
Треба да се напомене и толеранцијата на струјното засилување. Имено, поради одредени отстапувања во текот на производството се случува различни примероци од еден ист тип на транзистор да имаа различни вредности на коефициент на струјно засилување. Затоа во каталозите за транзистори за овој коефициент се задаваат следниве вредности:

**$h_{FEmin}$  (минимален)**  
 **$h_{FEmax}$  (максимален)**  
 **$h_{FEtyp}$  (вообичаен)**

#### → Еквивалентна шема со хибридни параметри

Анализа на работа на транзистор кога тој работи во режим на мали наизменични сигнали најчесто се прави со помош на модел со хибридни (h) параметри. Со овој модел транзисторот се прикажува како четворопол со кој се овозможува поврзување на влезните и излезните напони и струи преку соодветните равенки карактеристични за овој модел. Најчесто употребуваниот модел се однесува на биполарен транзистор во спој со заеднички емитер, кој всушност е и најупотребуваниот спој на транзистор во неговата практична примена. Токму затоа кај сите употребени параметри во

долната шема и равенки се користи индексот “e” кој означува дека транзисторот е во спој со заеднички емитер.



Сл24. Символ и еквивалентна шема на биполарен транзистор со h параметри  
 Параметрите се дефинираат за краток спој на излез ( $U_{CE} = 0V$ ) и за отворено коло на влез ( $I_B = 0A$ ).

$$h_{ie} = \left. \frac{U_{BE}}{I_B} \right|_{U_{CE}=0} \quad (\Omega) \quad \text{Влезна отпорност при куса врска на излез}$$

$$h_{re} = \left. \frac{U_{BE}}{U_{CE}} \right|_{I_B=0} \quad \text{Инверзно напонско засилување за отворено коло на влез}$$

$$h_{fe} = \left. \frac{I_C}{I_B} \right|_{U_{CE}=0} \quad \text{Струјно засилување за куса врска на излез}$$

$$h_{oe} = \left. \frac{I_C}{U_{CE}} \right|_{I_B=0} \quad \text{Излезна проводност за отворено коло на влез}$$

h – параметрите се коефициенти кои се дефинираат за одредена работна точка на транзисторот, а типични вредности за параметрите изнесуваат:

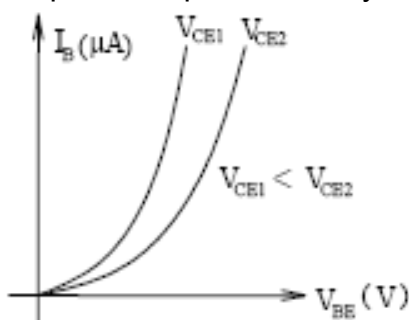
$$h_{ie} = 1,5K \Omega; h_{re} = 10^{-4}; h_{fe} = 100; h_{oe} = 10^{-5} \Omega^{-1}$$

Сите хибридни параметри се вклопени во систем од две равенки со кои е опишан овој модел за биполарен транзистор со h – параметри.

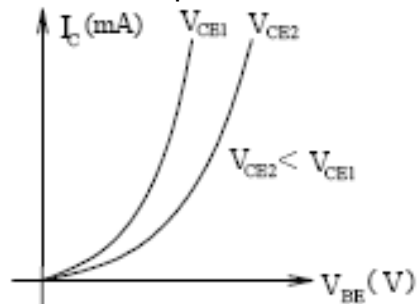
$$\begin{aligned} U_{be} &= I_b * h_{ie} + U_{CE} * h_{re} \\ I_c &= h_{fe} * I_b + U_{CE} * h_{oe} \end{aligned}$$

### → Статички карактеристики

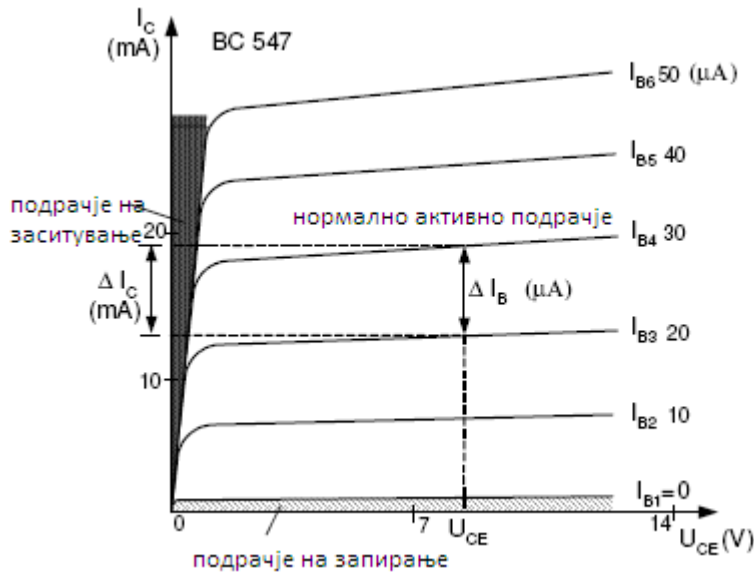
Статичките карактеристики се најчесто користени графички карактеристики на биполарен транзистор. Тие ја даваат зависноста на влезните и излезните еднонасочни напони и струи на транзисторот. Пред се станува збор за влезните, излезните и преносните карактеристики. Се викаат статички карактеристики затоа што се користат при анализа на транзисторски кола во статички (еднонасочен) режим на работа на транзисторот. Притоа ние ќе се задржиме на карактеристиките на NPN транзистор од силициум во спој со заеднички емитер.



а) Влезна карактеристика



б) Преносна карактеристика

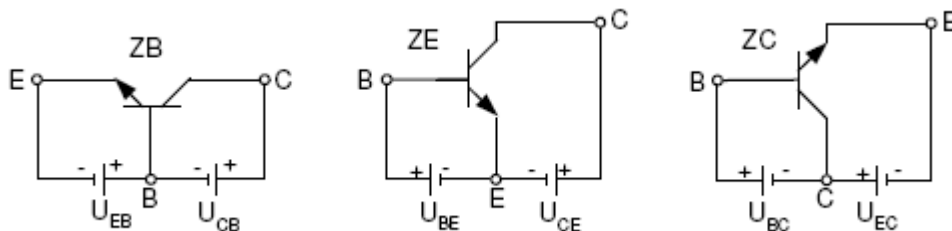


в) Излезна карактеристика

### Транзистор во спој со заедничка база, емитер и колектор

Во зависност од начинот на поврзување на биполарниот транзистор во електрично коло, односно од насоката на поларизација и течење на струи за биполарните транзистори велеме дека можат да се приклучат во електричните кола во три различни споеви:

- Спој со заедничка база
- Спој со заеднички емитер
- Спој со заеднички колектор



Споеви на биполарен транзистор

### Обележување на транзистори

Постојат повеќе стандарди за обележување на транзистори од кои најзастапени се:

- Европски начин на обележување
- Американски начин на обележување

Европскиот начин на обележување подразбира користење на 2 букви и 3 цифри кај транзистори за комерцијална употреба или 3 букви и 2 цифри кај транзистори за индустриска употреба.

- Првата буква го означува материјалот од кој е изработен транзисторот:
  - A** – германиум(Ge)
  - B** – Силициум (Si)
  - C** – Галиум арсенид
  - D** – Индиум антимонид

- Втората буква ја означува главната примена на транзисторот:

**C – За ниски фреквенции и мали моќности**

**D – За ниски фреквенции и големи моќности**

**F – За високи фреквенции и мали моќности**

**L – За високи фреквенции и големи моќности**

**S – Прекинувачки транзистори за мали моќности**

**U – Прекинувачки транзистори за големи моќности**

Цифрите кои следуваат после буквите немаат некое шифрирано значење туку го даваат каталошкиот број според кој се разликуваат различните типови на транзистори. После овој број може да постои уште една буква или бројка која го означува подтипот на транзисторот во рамки на основниот тип. Подтипот се разликува од основниот тип по само една или два карактеристики, како на пример вредноста на струјното засилување.

#### **Примери:**

AC187 – Германиумски транзистор за ниски фреквенции и мали моќности со каталошки број 187

BC109 – Силициумски транзистор за ниски фреквенции и мали моќности со каталошки број 109

BC109C – подтип на транзисторот BC109 но со поголемо струјно засилување и помал шум

BD243 – Силициумски нискофрекфентен транзистор за големи моќности со каталошки број 243

BFY90 – Силициумски високофрекфентен транзистор за мали мочности и индустриска примена со каталошки број 90

BU208 – Силициумски прекинувачки транзистор за голема моќност со каталошки број 208

C547 – Тоа всушност е BC547 т.е. силициумски нискофрекфентен транзистор за мали моќности со каталошки број 547

Американскиот начин на обележување подразбира користење на ознаките 2N поисле кои следуваат 2,3 или 4 цифри кои претставуваат каталошки број. Можно е на крај да има уште една буква која го означува подтипот на транзисторот во рамки на основниот тип.

#### **Примери:**

2N2218 – NPN транзистор со каталошки број 2218

2N3055 – NPN транзистор со каталошки број 3055

### **Испитување на транзистори**

За испитување на исправноста на транзисторот потребно е да го разгледуваме како спој од две диоди, при што спојот база – колектор е едната диода, а спојот база – емитер е втората диода.

**Исправна е онаа диода** од транзисторот која покажува голем отпор кога е инверзно поларизирана и мал отпор кога е директно поларизирана

**Неисправна (прекината) диода** е онаа која ќе покаже голем отпор и за инверзна и за директна поларизација

**Неисправна (кусо споена) диода** е онаа која покажува нула отпор или многу мал отпор во директна и инверзна поларизација

Многу дигитални мултиметри имаат подрачје за тестирање на диоди кое овозможува испитување на исправност на транзистори. Кога инструментот е подесен на оваа подрачје тој располага со внатрешен напон кој е доволен за поларизација на

транзисторските споеви.

**Состојба кога транзисторот е исправен:** Кога црвениот кабел од инструментот е споен со базата на NPN транзистор, а црниот со емитерот тогаш спојот база – емитер е директно поларизиран. Ако спојот е добар тогаш инструментот треба да покаже вредност помеѓу 0,5V и 0,9V односно типичната вредност изнесува 0,7V.

Доколку пак каблите ги заменат своите места тогаш спојот база – емитер е инверзно поларизиран а инструментот треба да покаже вообичаена(типична) вредност од 2,6V.

Идентична е постапката за испитување на база – колектор спојот.

За PNP транзистор поларитетот на каблите е инверзен за секој тест.

**Состојба кога транзисторот е неисправен:** Кога некој од двата споја на транзисторот е неправилен(прекинат) тогаш и за директна и за инверзна поларизација на тој спој инструментот ќе покаже 2,6V (или уште поголема вредност). Доколку пак неправноста значи куса врска на некој од споевите тогаш и за директна и за инверзна поларизација инструментот ќе покаже 0V. За PNP транзистор поларизацијата на каблите е инверзна за секој од направените тестови.

## Вежба бр13.

### Испитување на исправност на биполарни транзистори

#### 1) Електрична шема



Директна и инверзна поларизација на спојот база – емитер



Директна и инверзна поларизација на спојот база – колектор



Неисправен транзистор – прекин

Неисправен транзистор – куса врска

#### 2) Упатство за изработка на вежбата

Проверете ја исправноста на сетот транзистори испитувајќи ги со помош на дигитален унимер. Спроведете ги мерењата опишани во теориските напомени за испитување на исправност на биполарни транзистори и добиените резултати од мерењето внесете ги во табела.

3) Табеларен приказ на резултатите од вежбата

Реден број	Тип на транзистор	Напон $U_{BE}$		Напон $U_{BC}$		Исправност да/не
		директно	инверзно	директно	инверзно	
1						
2						
3						
4						
5						

4) Заклучок

---

---

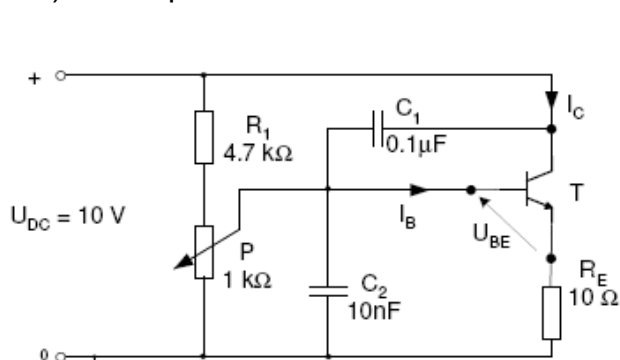
---

---

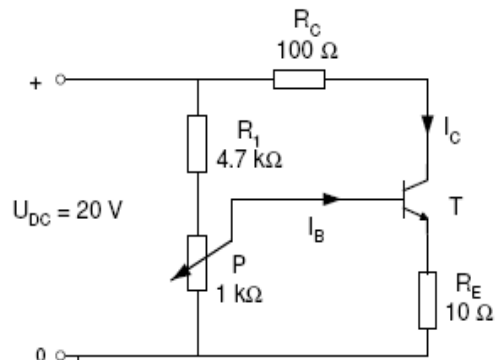
## Вежба бр14.

### Статички карактеристики на биполарен транзистор

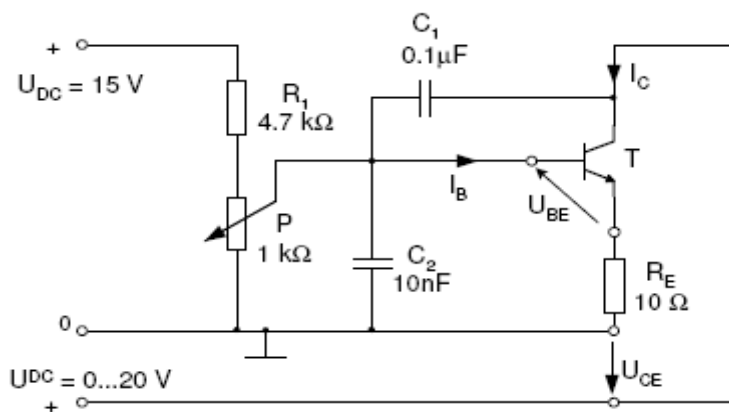
#### 1) Електрична шема



а) Влезна карактеристика



б) Преносна карактеристика



в) Излезна карактеристика

#### 2) Упатство за изработка на вежбата

а) За снимање на влезната карактеристика на транзистор се користи шемата под а). Со помош на потенциометарот подесувајте ја вредноста на напонот  $U_{BE}$  во границите од 0V до 0,75V и мерете ја соодветната вредност на базната струја  $I_B$ . Зависноста  $I_B = f(U_{BE})$  претставете ја табеларно и графички.

б) За снимање на преносната карактеристика се користи шемата под б). Со помош на потенциометарот подесувајте ја базната струја  $I_B$  од 0μA до 160μA со чекор од 20 μA и мерете ја соодветната вредност на струјата  $I_C$ . Зависноста  $I_C = f(I_B)$  претставете ја табеларно и графички.

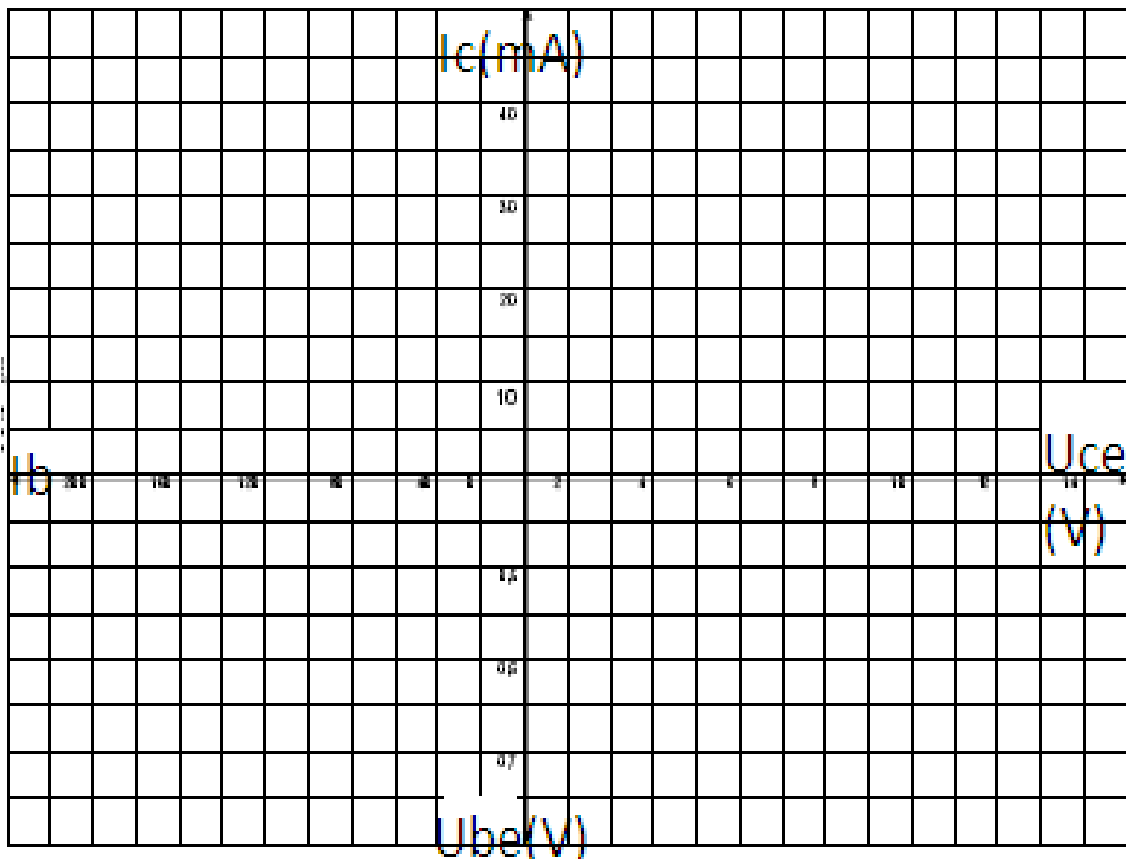
в) За снимање на излезната карактеристика се користи шемата под в). Мерете ја струјата низ колекторот  $I_C$  за соодветни вредности на базната струја  $I_B$  и напонот на излез  $U_{CE}$ . Базната струја менувајте ја помеѓу 20 μA и 80μA, додека вредноста на излезниот напон подесувајте ја помеѓу 0V и 14V со помош на еднонасочниот извор кој се менува од 0V до 20V. Зависноста  $I_C = f(U_{CE})$  со која е претставена излезната к-ка на транзисторот претставете ја табеларно и графички.

3) Табеларен и графички приказ на резултатите од вежбата

U <sub>CE</sub> = 10V										
U <sub>BE</sub> (V)	0	0,5	0,6	0,65	0,7	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75
I <sub>B</sub> (μA)										

U <sub>CE</sub> = 10V										
I <sub>B</sub> (μA)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
I <sub>C</sub> (mA)										

U <sub>CE</sub> (V)	0	0,2	0,5	2	4	6	8	10	12	14
I <sub>C</sub> (mA) I <sub>B</sub> =20μA										
I <sub>C</sub> (mA) I <sub>B</sub> =40μA										
I <sub>C</sub> (mA) I <sub>B</sub> =60μA										
I <sub>C</sub> (mA) I <sub>B</sub> =80μA										



4) Заклучок

---



---



---



---

## Униполарни транзистори

Униполарни транзистори уште се нарекуваат и транзистори со ефект на поле (Field Effect Transistor) и кај нив струјата ја чинат само мнозински носители од каде потекнува и називот униполарни. Овие транзистори имаат многу голема влезна отпорност, заради што не тече струја низ управувачката електрода. Оваа влезна електрода се користи за воспоставување на каналот и управување со големината на струја која тече низ транзисторот, меѓутоа тоа го прави со помош на електричното поле кое е последица на потенцијалот вклучен на влезната електрода. Од таму потекнува името транзистор со ефект на поле (FET). Униполарните транзистори имаат три електроди кои се нарекуваат ГЕЈТ (gate) – G, СОРС (source) – S и ДРЕЈН (drane) – D. Гејтот е влезната електрода која е приклучена на напон но преку неа не тече електрична струја.

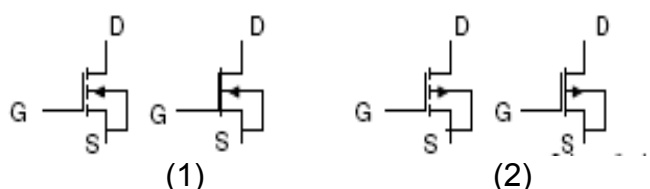
Постојат два типа на FET – ови:

- JFET – Споен транзистор со ефект на поле
- MOSFET – Транзистор со ефект на поле со изолиран гејт (Metal oxide semiconductor field effect transistor)

Кај униполарните транзистори струјата не преминува од еден во друг полупроводнички дел како кај биполарни транзистори туку тече сами низ еден полупроводнички дел од транзисторот кој се вика канал. Каналот може да е вграден при самото производство или да се создава (индуцира) во моментот кога транзисторот ќе се поларизира односно приклучи на соодветен напон.



Симболи на N – канален и P – канален FET



- (1) – Симболи за N канален MOSFET со индуциран и вграден канал  
(2) – Симболи за P канален MOSFET со индуциран и вграден канал

### Параметри на униполарни транзистори

→ Стрмина  $g_m$

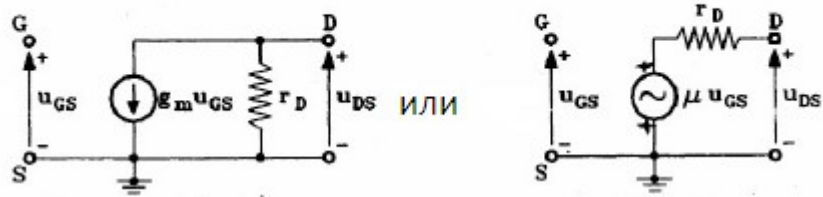
$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}}$$

Стрмината е многу важен параметар за униполарни транзистори затоа што претставува однос помеѓу промената на струјата  $I_D$  и промената на напонот  $U_{GS}$ . Тоа значи дека величината која се нарекува стрмина определува колку ќе се промени струјата низ транзисторот за соодветна промена на влезниот напон на транзисторот.

→ Еквивалентна шема за наизменични сигнали

Слично како кај биполарни транзистори и униполарните транзистори можат да се анализираат во случај кога работат во наизменичен режим со помош на

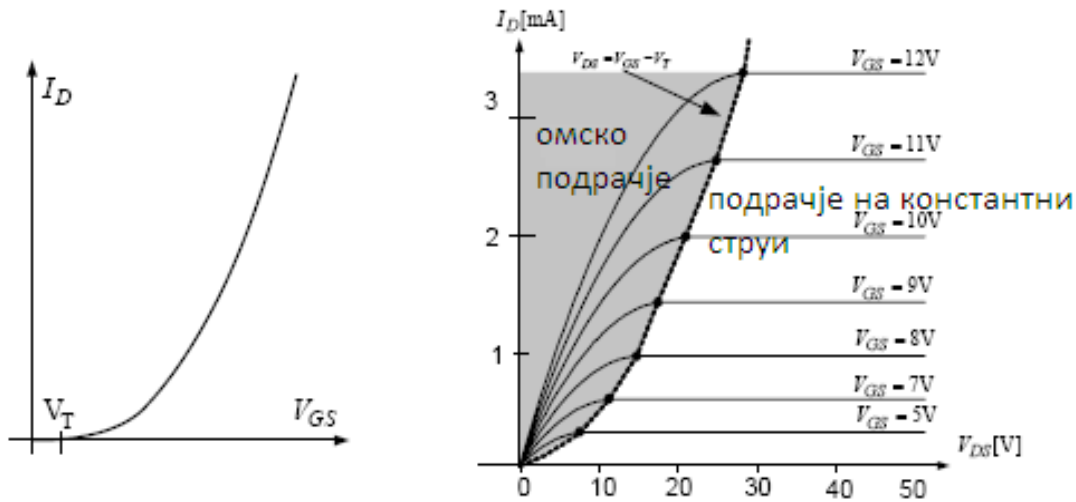
еквивалентна шема со помош на која транзисторот е претставен како четворопол со кој се овозможува поврзување на влезните и излезните напони и струи.



$$\mu = g_m * r_d$$

### → Статички карактеристики

Аналогно на биполарни транзистори статичките карактеристики ја даваат зависноста на напоните и струите при еднонасочна поларизација. Во овој случај не постои влезна карактеристика затоа што влезната струја е секогаш нула т.е. влезната отпорност е многу голема.



Статички карактеристики на униполарен транзистор

### → Работни подрачја на униполарен транзистор

Униполарните транзистори можат да работат во два различни режими:

- Подрачје на константни струи (заситување). ( $U_{DS} > U_{GS} - U_T$ )
- Омско подрачје ( $U_{DS} < U_{GS} - U_T$ )

---

## Конектори

---

Конектори се електромеханички елементи кои се користат за електрично спојување на делови, степени или цели електронски уреди помеѓу себе. Тие се состојат од метални проводни делови и соодветна изолација. Квалитетот на електричната врска зависи пред сè од материјалот на металните проводни делови(контакти), па затоа за изградба на контактите во конекторите се користат легури на бакар, месинг, бронза никел, а во некои случаи злато и сребро.

Постојат машки и женски конектори. Машкиот конектор уште се нарекува утикач и кај него за спојување служи надворешниот дел од контактот, додека кај женскиот конектор кој уште се вика и утичница или штекер за спојување служи внатрешниот дел од контактот. Електричната врска помеѓу два конектори се остварува со спојување на машкиот и женскиот конектор т.е. со нивно механичко спојување односно ставање на машкиот во женскиот конектор.

### Видови конектори

Ке се задржиме на оние видови кои најчесто се сретнуваат во пракса. Постојат повеќе поделби во зависност од тоа според каков критериум е направена поделбата. Главната поделба се однесува на општата намена на конекторите и според оваа поделба тие можат да бидат:

- Конектори за напојување
- Конектори за пренос на сигнали

**Конекторите за напојување** можат да бидат за големи и мали напони, како и за големи и мали струи. Конекторите за мрежниот напон можат да бидат монофазни и трифазни. Ваквите конектори уште се нарекуваат и “шуко конектори”.

Буксните се конектори кои се застапени најчесто кај електричните инструменти и се во црвена или црна боја за да се разликува висок и низок потенцијал.

**Конекторите за пренос на сигнали** можат да бидат за ниски или високи фреквенции, а можат да бидат и за мали или големи амплитуди. Исто така конекторите можат да пренесуваат повеќе сигнали одеднаш и тие се викаат повеќеполни конектори.

За аудио сигнали со помали амплитуди се користат се користат “RCA” конектори или “JACK”(банана) конектори. И двата типа се коаксијални конектори при што “RCA” е двополен конектор кај кој средниот контакт е за сигнал, а оклопот е за маса. “JACK” конекторот може да биде двополен(моно) или трополен(стерео). Во професионалната аудио техника многу често се користи “CANNON (XLR)” конектори кој е трополен конектор. За високофреквентни сигнали најчесто се користат конектори од типот на “BNC”.

Повеќеполните конектори пренесуваат повеќе сигнали и нивните контакти можат да бидат распоредени кружно или во линии. Од оваа група на конектори во аудио техниката најчесто се применуваат коаксијалните повеќеполни DIN конектори (со 3,5 или 7 кружно поставени контакти), додека во видеотехниката најчесто се користи “SCART” конектор со 20 контакти наредени во два реда. Во компјутерската техника најчесто се користат повеќеполните сериски и паралелни конектори како и “USB”, и “RJ45” (мрежен) конектор.



“cannon(xlr)” конектор



“jack”(банана) конектор



“rca” конектор



“uhf“ конектор



“bnc“ конектор



“din“ конектор



“rj 45“ конектор



Штекер за мрежен напон



“scart“ конектор

### Испитување на конектори

Проверка на исправноста на конекторите може да се направи со омметар. Имено, кога конекторите се споени тогаш отпорноста меѓу контактите треба да биде нула. Кај повеќеполни конектори отпорноста помеѓу контактите треба да биде бесконечно голема.

### Оптички конектори

Оптички конектори се пасивни компоненти со кои физички се спојуваат оптичките влакна со активните компоненти на оптичките системи. Најважен дел од конекторот е централното цевче во конекторот низ кое е продупчен канал низ кој е обезбеден директен излез на оптичкото влакно. Најчесто овој централен дел се изработува од челик, циркониум или композитна пластична маса во зависност од стандардот на различните производители.

Оптичките конектори не се делат според намена туку според типот на куќиштето во кое се приклучуваат.

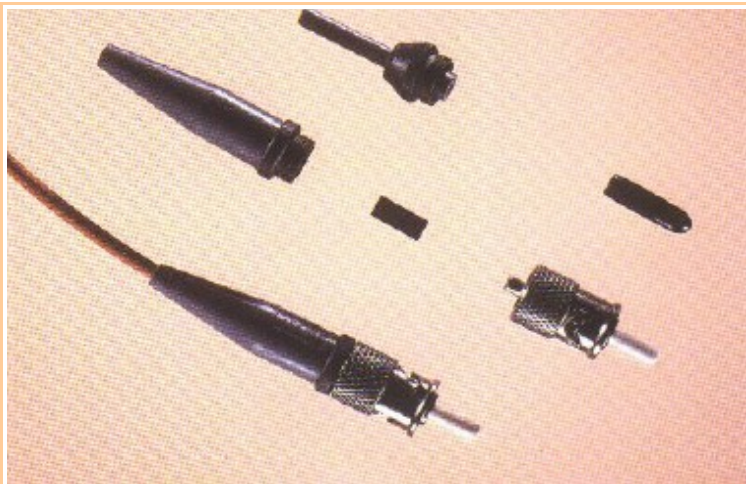
- ST – оптички конектор
- SC – оптички конектор
- FC/PC – оптички конектор

**ST – оптички конектор** се користи во мрежи каде брзина на пренос изнесува 10 Mb/s. Овој конектор е направен по примерот на BNC конектор за коаксијалните кабли.

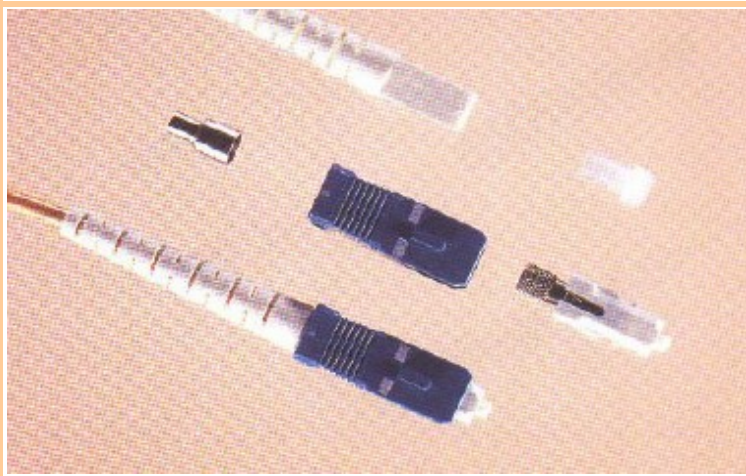
**SC – оптички конектор** се користи во мрежи каде брзина на пренос на податоци изнесува 100Mb/s. Овој конектор е направен по примерот на RJ конекторите за упарените кабли.

**FC/PC – оптички конектор** се користи во телекомуникациски мрежи.

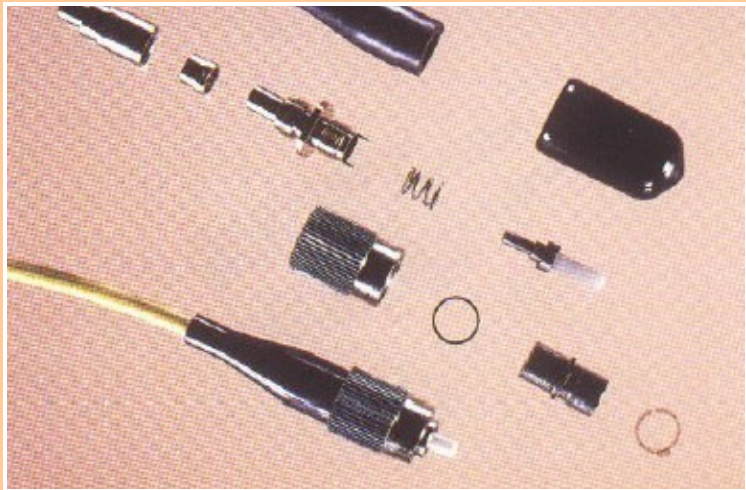
Различни производители произведуваат различни конектори па таквите се разликуваат помеѓу себе и според конструкција и според ознаки, меѓутоа најчесто користените се трите набројани погоре.



Сл25. ST – оптички конектори



Сл26. SC – оптички конектори



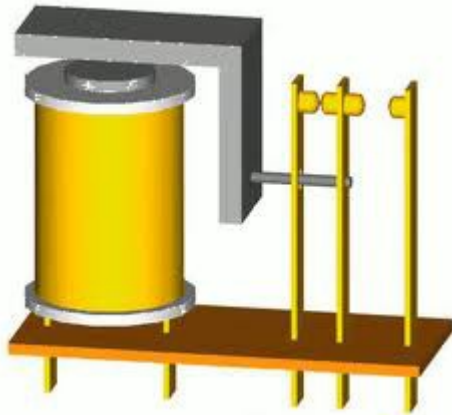
Сл27. FC/PC – оптички конектори

---

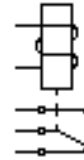
## Релеи

---

Релеите спаѓаат во групата на електромеханички компоненти. Тие всушност се прекинувачи кои се активираат со електричен напон. Најраспространет тип е електромагнетниот релеј кај кого прекинувачот се активира со помош на електромагнет. Најчесто се означуваат со RE или RLA.

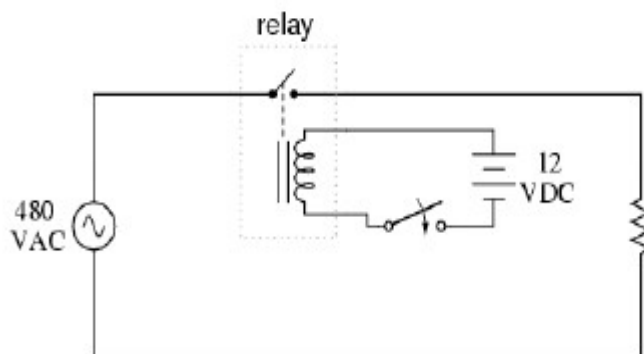


Сл28. Електромагнетен релеј



Сл29. Симбол за релеј

Електромагнетот најчесто се состои од мноштво на намотки од бакарна жица кои се намотани на железно јадро. Кога струјата тече низ жицата (примарното струјно коло), околу електромагнетот се создава магнетно поле кое ја привлекува железната котва. Котвата на себе има електрични контакти, кои понатаму го отвораат или затвораат секундарното струјно коло. Кога ќе се прекине струјата низ електромагнетот железната котва се враќа во првобитната положба, обично со помош на пружина. При тоа електричните контакти го прекинуваат или вклучуваат струјното коло. Мноштвото од релеите има повеќе парови на контакти. За да се појасни работата на истите се зема дека нормална состојба е состојба при која немаме течење на струја низ електромагнетот (релето е исклучено). Така да ако е наведено за одреден пар на контакти дека се нормално отворени, тоа значи дека контактите се отворени кога релето е исклучено (не тече струја низ електромагнетот) а затворени се кога релето е вклучено. Спротивно важи за нормално затворените контакти.



Основна предност на релеите е тоа што тие можат да вклучуваат и исклучуваат големи оптоварувања со помош на мала побудна моќност доведена на релеј.

### Видови релеи

- Електромагнетни релеи
- Рид релеи

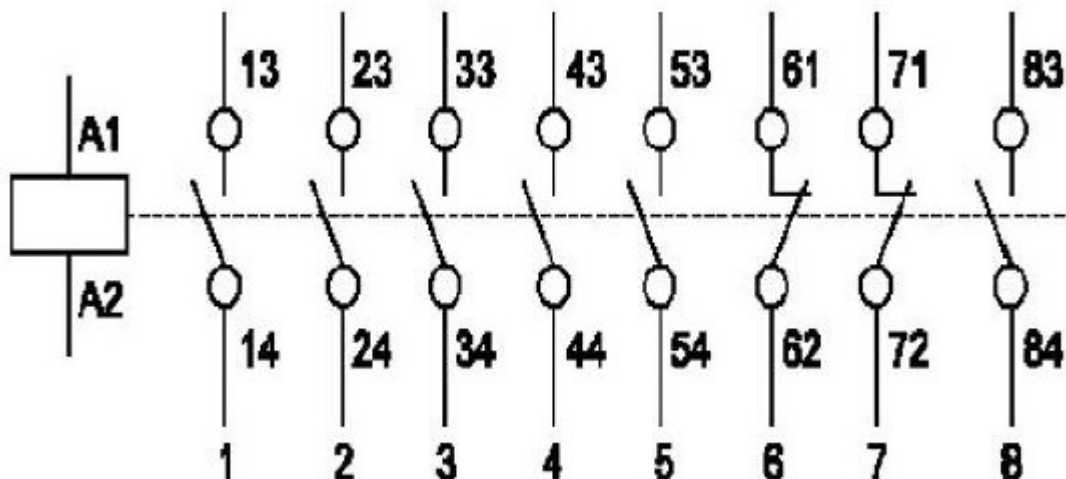
**Електромагнетни релеи** можат да бидат за еднонасочна или наизменична струја, неутрални или поларизирани, моностабилни или бистабилни. Најчесто се користат

електромагнетни релее за еднонасочна струја и тоа неутрални(активирањето не зависи од насоката на струја) и моностабилни(по престанок на струја котвата се враќа во почетната положба).

Принципот на работа се заснива на привлекување на челичната котва кон јадрото на електромагнетот низ чиј калем тече еднонасочна струја. Релеите најчесто се целосно затворени во пластика или стаклопластика. Се произведуваат со моќност од неколку десетици вати, до неколку киловати и побуден напон од 3 до 60 V (најчесто 6,12 или 24 V).

Рид релее(Reed relay) се карактеризираат со тоа што механичкото движење е сведено на минимум(изразено во микрометри). Имено, рид релееите се состојат од две контактни јазичиња кои се залиени во стаклено цевче исполнето со заштитен гас. Краевите на јазичињата се направени од феромагнетен материјал а помеѓу нив има мал процеп. Околу нив најчесто има калем кој го создава магнетното поле под чие влијание се спојуваат магнетните јазичиња. Раздвојувањето пак е последица од еластични сили слични како кај електромагнетни релее.

Разликуваме нормално отворени и нормално затворени контакти. Означување на контактите е прикажано на следнава слика:



Нормално отворените контакти се означуваат со броевите 3 и 4 или пак доколку ги има повеќе со 13/14, 23/24, итн. Додека нормално затворените контакти се означуваат со 1 и 2 или пак доколку ги има повеќе со 11/12, 21/22, 31/32, итн. Во случај релее то да ги поседува двете врсти на контакти тогаш првиот број означува физички кој по ред е контактот а вториот број го означува типот на контакт.

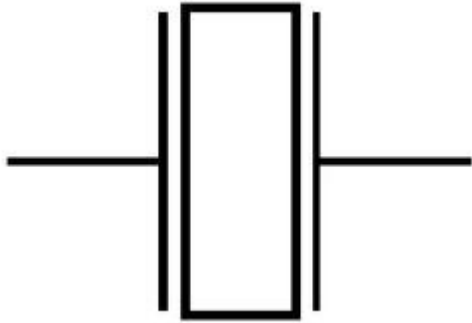
#### Испитување на релее

Проверка на исправноста на релееј лесно може да се направи со помош на омметар. Ако релеејот е исправен тогаш омметарот приклучен помеѓу изводите на електромагнетот треба да ја покаже неговата отпорност. Помеѓу изводите на релеејот омметарот треба да покаже нулта или бесконечна отпорност во зависност од тоа за кој извод станува збор. Ако релеејот се приклучи на соодветен побуден напон тој треба да се активира доколку е исправен. Додека релеејот е во активна состојба со помош на омметар може да се провери состојбата на контактите на релеејот.

---

## Пиезоелектрични резонатори

---



Сл30. Симбол за кристал



Сл31. Кварцен кристал