



45 minút



Meno



Dátum



Hodnotenie



## Polovodičové diódy

## Usmerňovacie diódy

### Meranie voltampérových charakteristík

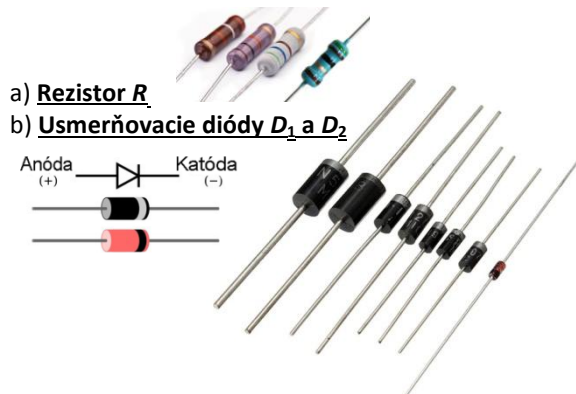


- Zmerajte V-A charakteristiky (VACH) predložených usmerňovacích diód  $D_1$  (kremíková dióda s priechodom  $pn$ ) a  $D_2$  (kremíková Schottkyho dióda) v priepustnom a závernom smere a znázorníte ich graficky.
- Z nameraných V-A charakteristík určte pre obe diódy prahové napätie  $U_p$  v priepustnom smere, sériový odpor  $R_s$  v priepustnom smere, diferenciálny odpor  $r_d$  a statický odpor  $R_{st}$  v priepustnom smere pre prúdy  $I_D = 10 \mu A, 1 \text{ mA}, 10 \text{ mA}$  a  $100 \text{ mA}$ .



### Zoznam prístrojov, zariadení a súčiastok

Na meranie ako voltmeter, ohmeter a ampérmeter použijete multimetre VOLCRAFT VC650BT, ako zdroj trojnásobný jednosmerný zdroj RIGOL DP832, na pripojenie súčiastok kontaktné pole (Obr. 1).



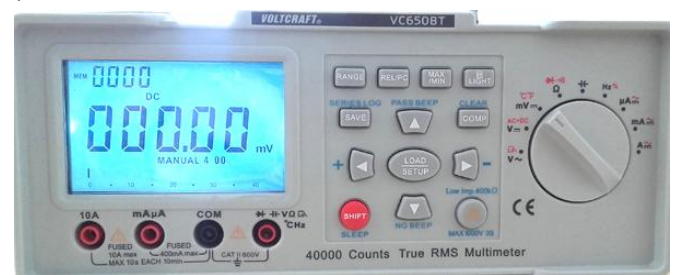
### d) Trojnásobný jednosmerný zdroj RIGOL DP832



c) **Kontaktné pole** - zelenou čiarou je ukázaný príklad prepojených zdierok, zdierky nie sú prepojené vertikálne



### e) Multimeter VOLCRAFT VC650BT



Obr. 1 Súčiastky, zariadenia a prístroje potrebné k meraniu

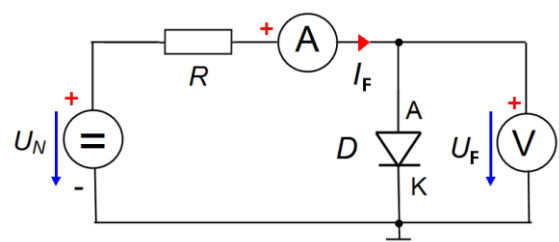


### Experiment

- Meracie pracovisko na meranie VACH diódy **v priepustnom smere** zapojte podľa schémy zapojenia na Obr. 2

Fyzikálna závislosť je  $I_D = f(U_D)$

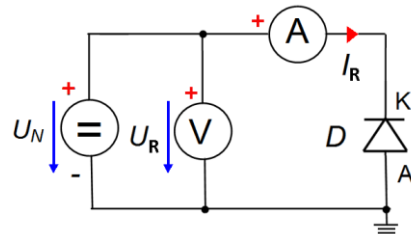
- Pri meraní použijeme "inžiniersky" prístup - nastavte hodnoty prúdov, odčítajte príslušné hodnoty napätí. Namerané hodnoty pre obe LED  $D_1$  a  $D_2$  zapíšte do



Obr. 2 Schéma zapojenia na meranie VACH diódy v priep. smere

Tab. 1. **Odporúčaná maximálna hodnota prúdu pre diódy je 120 mA.** Prekročením tejto hranice môže dôjsť k zničeniu diódy.

- Meracie pracovisko na meranie VACH diódy **v závernom smere** zapojte podľa schémy zapojenia na Obr. 3.



Obr. 3 Schéma zapojenia na meranie VACH diódy v záver. smere



- Namerané hodnoty napätia a prúdu pre obe diódy  $D_1$  a  $D_2$  vyneste do grafu Graf 1. (! **namerané body preložte krivkou, ktorá prechádza nulou**). Označte, ktorá VACH zodpovedá, ktorej dióde.

- **Poznámka:** veľkosť prúdu  $I_D$  ideálnou diódou v prípade strmého asymetrického  $pn$  priedochodu v závislosti od napätia na ideálnej dióde  $U_D$  definuje

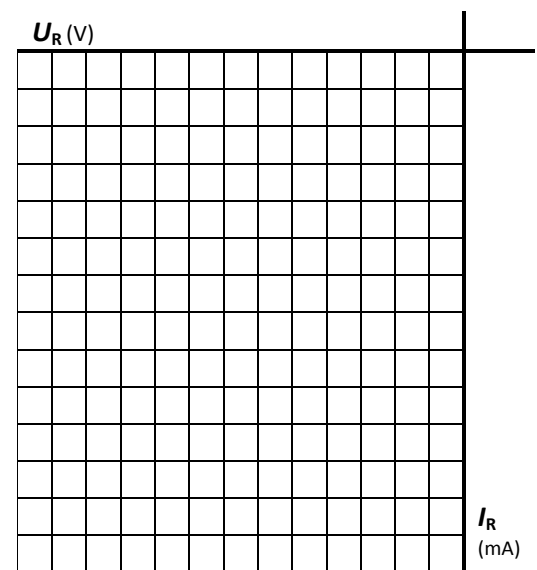
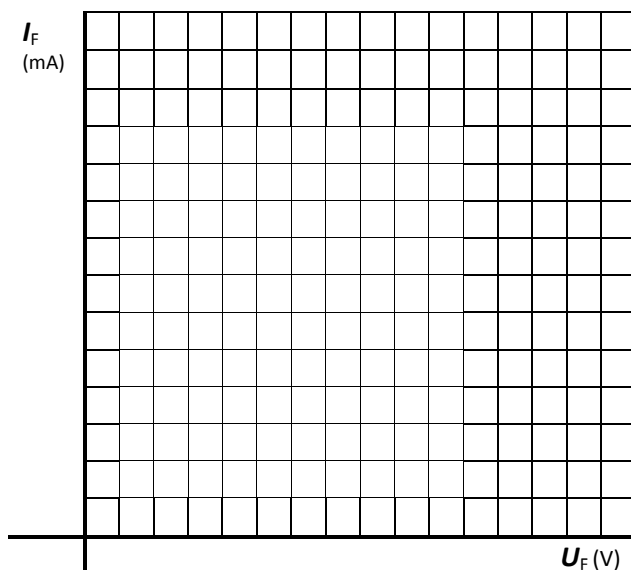
**Shockleyho rovnica**

$$I_D = I_s \left[ \exp\left(\frac{qU_D}{kT}\right) - 1 \right],$$

kde  $I_s$  - saturačný prúd minoritných nosičov náboja,  $q$  - náboj elektrónu,  $k$  - Boltzmannova konštanta a  $T$  - teplota v (K).  $kT/q = U_{BT}$  - Boltzmanovo napätie  $U_{BT} = 0,026$  V ak  $T = 300$  K

Tab. 1 Tabuľka nameraných hodnôt (!!!**Napätie na dióde  $U_D$  odčítavať s presnosťou na 3 desatinné miesta!!!**, , napr. 0.234 V.)

Kremíková dióda $D_1$ .....				Schottkyho dióda $D_2$ .....			
Priepustný smer		Záverný smer		Priepustný smer		Záverný smer	
$I_F$ (mA)	$U_F$ (V)	$U_R$ (V)	$I_R$ ( $\mu$ A)	$I_F$ (mA)	$U_F$ (V)	$U_R$ (V)	$I_R$ ( $\mu$ A)
0,01		5		0,01		5	
0,02		10		0,02		10	
0,05		15		0,05		15	
0,10		20		0,10		20	
0,20				0,20			
0,50				0,50			
1,00				1,00			
1,50				1,50			
2,00				2,00			
10,0				10,0			
12,0				12,0			
20,0				20,0			
90,0				90,0			
100,0				100,0			



Graf. 1 VACH usmerňovacích diód (s  $pn$  priedochodom a so Schottkyho kontaktom pri priepustnej a pri závernej polarizácii napätia na dióde

- Vypočítajte z dvoch bodov priepustnej VACH diódy **sériový odpor**  $R_s$  (odpor kontaktov, prívodov, oblastí  $n$  a  $p$ ) využitím vzťahu

$$R_s = \frac{U_T \ln(I_1 / I_2) + U_2 - U_1}{I_2 - I_1}$$

odporúča sa použiť body pre 1 mA a 100 mA. Hodnoty uveďte do Tab. 2.

- Vypočítajte diferenciálny odpor  $r_d$  a statický odpor  $R_{st}$  v priepustnom smere pre prúdy  $I_D = 10 \mu A$ , 1 mA, 10 mA a 100 mA využitím vzťahov

$$r_d = \frac{\Delta U}{\Delta I} \approx \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} \quad R_{st} = \frac{U_F}{I_F}$$

Hodnoty uveďte do Tab. 2.

- Z grafu určte **prahové napätie** oboch diód (priesečník dotýčnice VACH v lineárnej časti s osou  $x$ ). Hodnoty uveďte do Tab. 2.

Tab. 2 Vypočítané hodnoty resp. hodnoty určené z grafov

	Bod na VACH nameraný		Kremíková pn dioda/výpočet	Schottkyho dioda/výpočet	
	$I_F$ (mA)	$U_F$ (V)			
		pn	Schott.		
sériový odpor $R_s$ ( $\Omega$ )	1				
	100				
statický odpor $R_{st}$ ( $\Omega$ )	0,01				
	1				
	10				
	100				
diferenciálny odpor $r_d$ ( $\Omega$ )	0,01				
	0,02				
	1				
	1,5				
	10				
	12				
	90				
	100				
prahové napätie $U_p$ (V) z grafu					



## Záver

Prečo sú prahové napätia predložených usmerňovacích diód rôzne?

Ako sa mení dynamický odpor diód s rastúcim prúdom?

Aký je veľký prúd v závernom smere (porovnajte hodnoty pri  $U_R = 20$  V) pre obe diódy?

Porovnajte charakter nameraných VACH diód. Vysvetlite rozdiely.