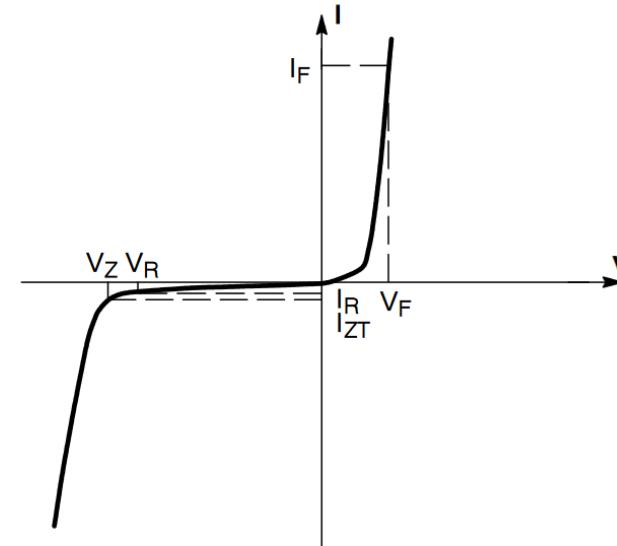
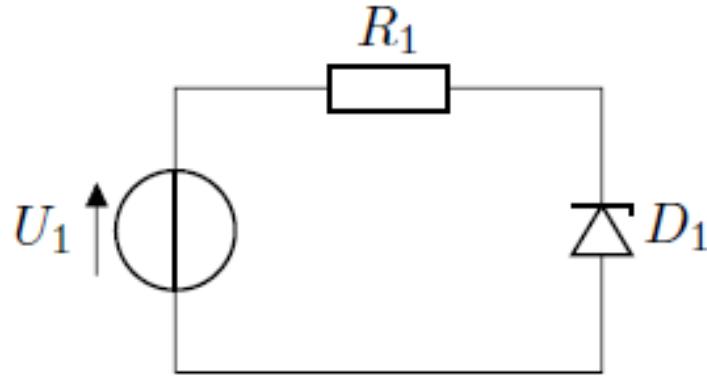




Ценеров диод



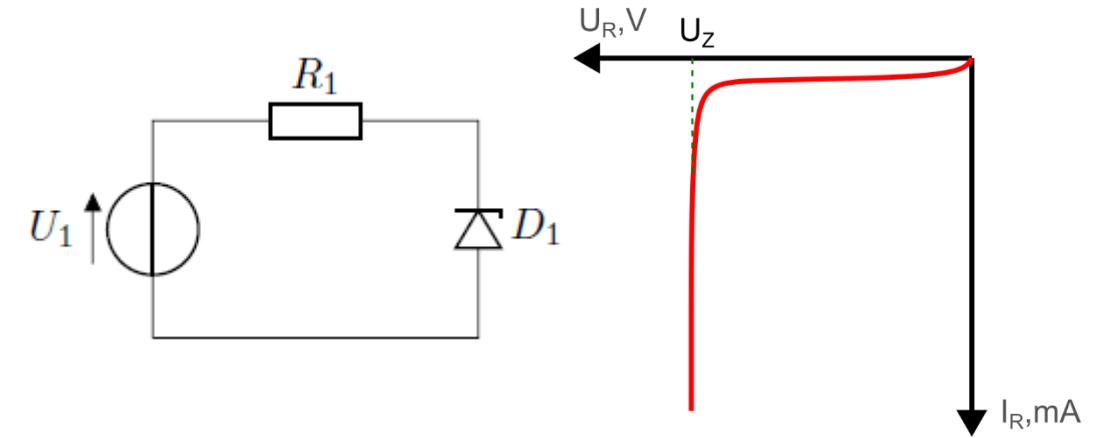
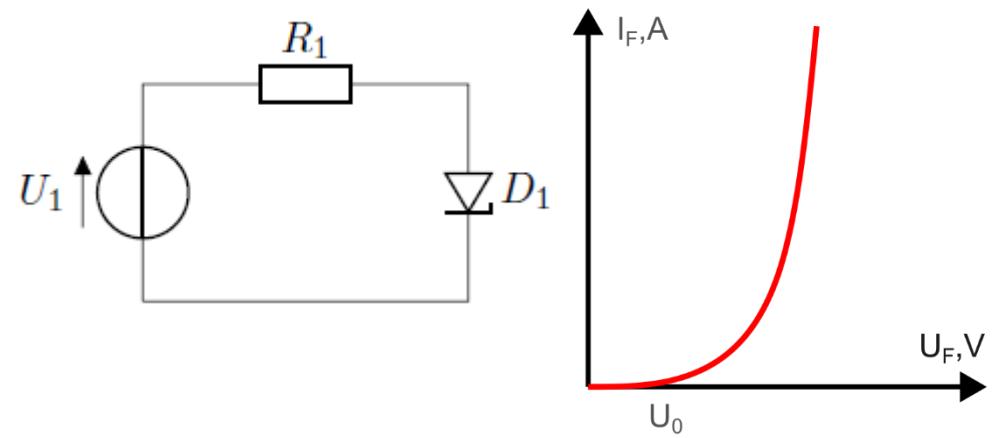
Ценеровият диод е оптимизиран да работи в областта на електрически пробив.

При настъпване на пробив, напрежението  $U_Z$  върху ценеровия диод остава почти постоянно независимо от промяната на тока през диода.

### Приложения

Стабилизатор на напрежение.

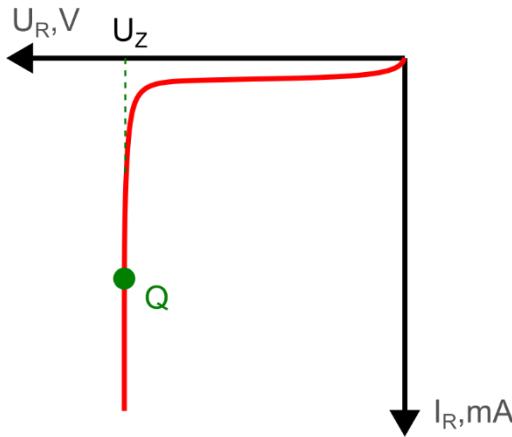
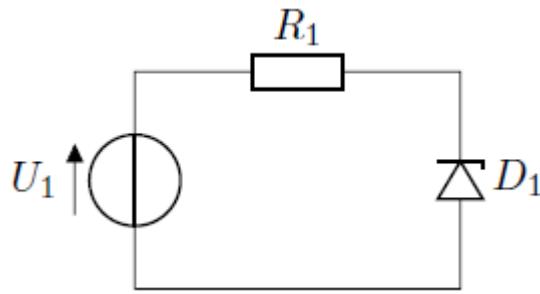
Зашита от пренапрежение.



При право включване ценеровият диод се отпушва при  $0.7 \text{ V}$ , точно като Si диод с р-п переход.

При обратно включване обратният ток преди пробива е много малък.

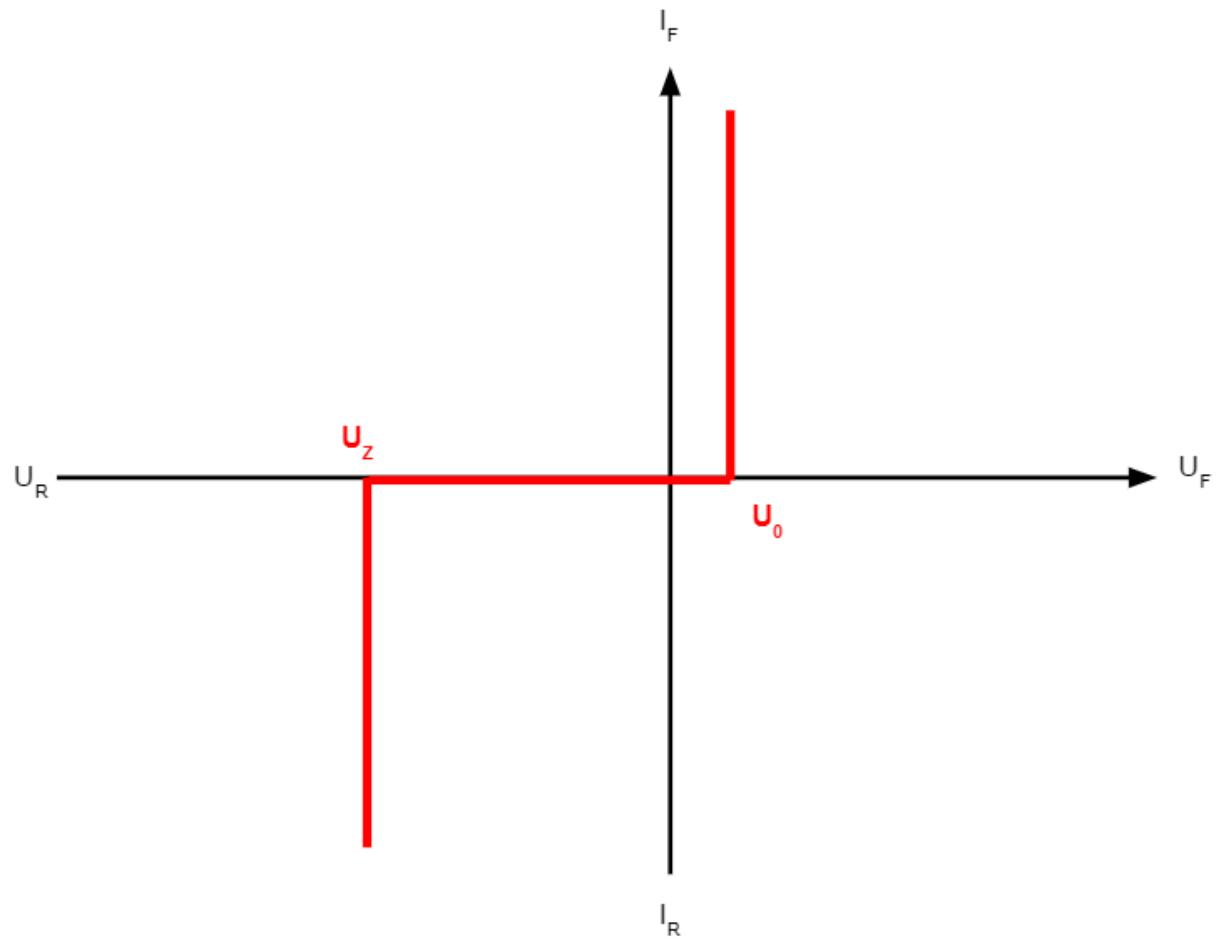
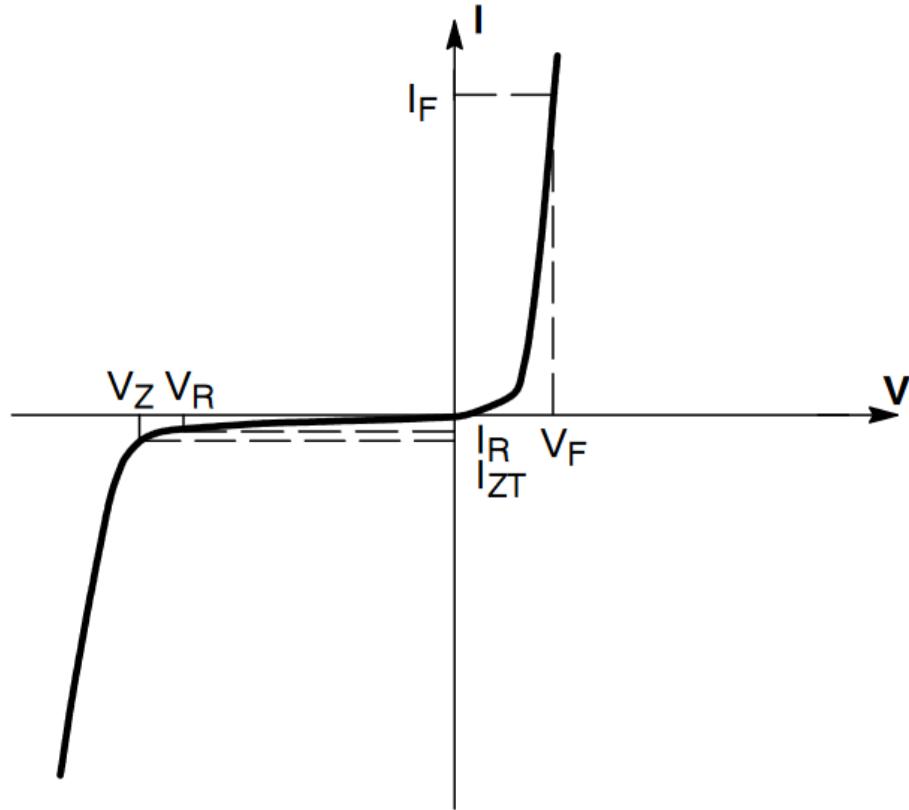
В областта на пробив се наблюдава рязко нарастване на тока при оставащо почти постоянно напрежение.



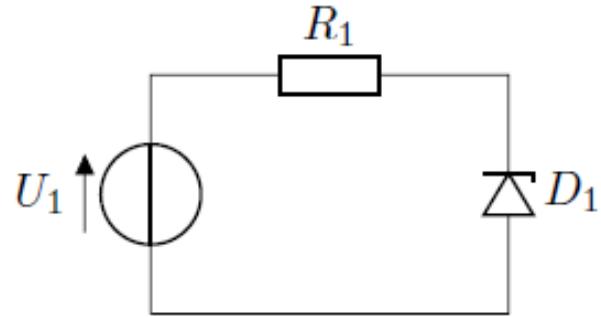
Ценеровият диод поддържа постоянно напрежение при значителна промяна на входното напрежение и тока през дода.

В областта на пробив ценеровият диод действа като източник на постоянно напрежение с големина  $U_z$ .

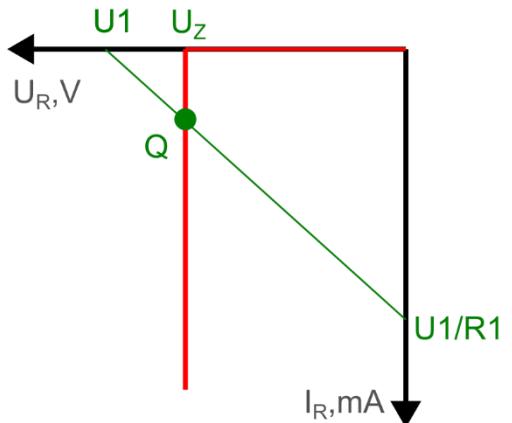
# Прагов модел



1. Като използвате прагов модел на ценеров диод, определете токовете, падовете на напрежение и разсейваните мощности върху резистора и диода.



$$U_z = 8V, U_1 = 10V, R_1 = 1k\Omega$$

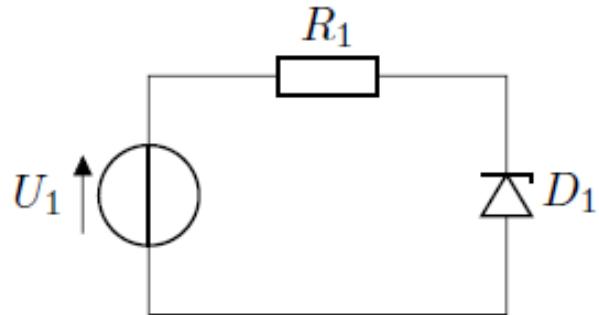


$$Q_x = U_d \\ Q_y = I_d$$

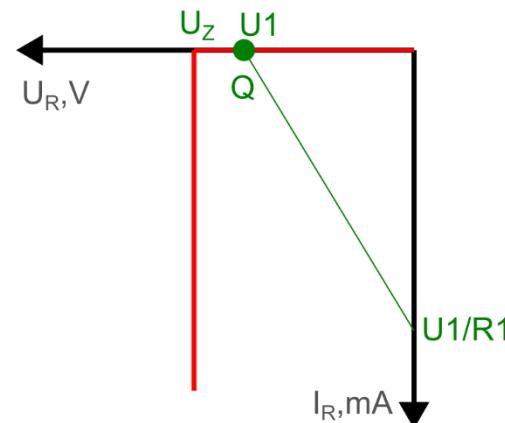
- 1) Източникът на напрежение  $U_1$ , диодът  $D_1$  и резисторът  $R_1$  са свързани последователно  $\Rightarrow$  през тях тече еднакъв ток  $I$ .
- 2) Диодът е включен в обратна посока и  $U_1 > U_z \Rightarrow$  диодът е в режим на пробив и  $U_d = U_z$ .
- 3) От законът на Кирхоф за напреженията  $\Rightarrow U_1 = U_r + U_d$ ;  $U_r = U_1 - U_d = 10V - 8V = 2V$
- 4) От законът на Ом  $\Rightarrow I = U_r / R_1 = 2V / 1k\Omega = 2mA$
- 5) Мощността, разсейвана върху резистора е  $P_r = U_r \cdot I = 2V \cdot 2mA = 4mW$
- 6) Мощността, разсейвана върху диода е  $P_d = U_d \cdot I = 8V \cdot 2mA = 16mW$

Елемент	U	I	P
D1	8V	2mA	16mW
R1	2V	2mA	4mW

2. Като използвате прагов модел на ценеров диод, определете токовете, падовете на напрежение и разсейваните мощности върху резистора и диода.



$$U_z = 10V, U_1 = 8V, R_1 = 1k\Omega$$

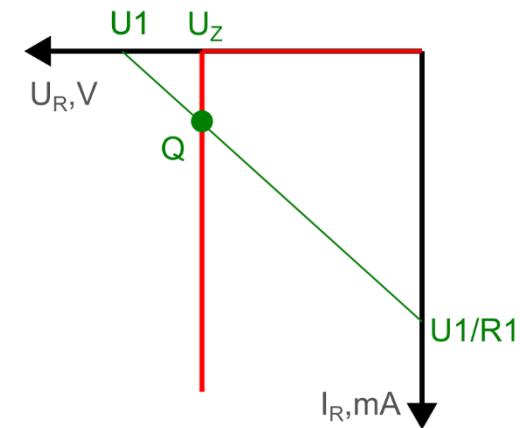
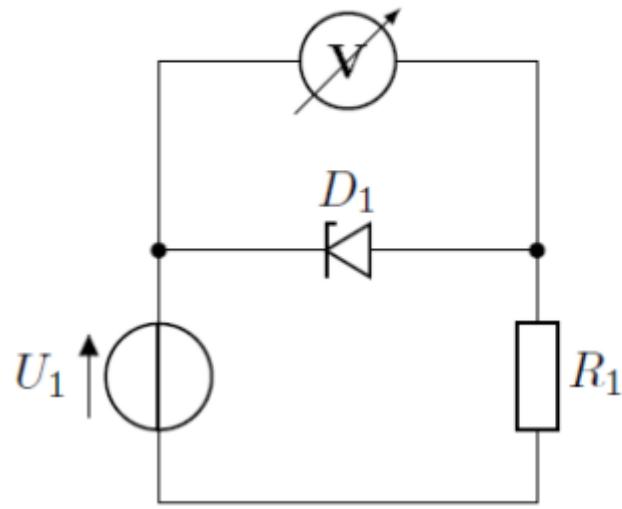


$$Q_x = U_d \\ Q_y = I_d$$

- 1) Източникът на напрежение  $U_1$ , диодът  $D_1$  и резисторът  $R_1$  са свързани последователно  $\Rightarrow$  през тях тече еднакъв ток  $I$ .
- 2) Диодът е включен в обратна посока и  $U_1 < U_z \Rightarrow$  диодът е запущен и през него не тече ток, т.е.  $I = 0A$ .
- 3) От законът на Ом  $\Rightarrow U_r = R_1 \cdot I = 1 k\Omega \cdot 0 = 0V$
- 4) От законът на Кирхоф за напреженията  $\Rightarrow U_1 = U_r + U_d; U_d = U_1 - U_r = 8V - 0V = 8V$
- 5) Мощността, разсейвана върху резистора е  $P_r = U_r \cdot I = 0W$
- 6) Мощността, разсейвана върху диода е  $P_d = U_d \cdot I = 0W$

Елемент	U	I	P
D1	8V	0	0
R1	0	0	0

Какво ще покава волтметъра, ако  $U_1=10V$ ,  $R_1=100\Omega$ , а  $D_1$  е ценеров диод с  $U_z=8V$ .



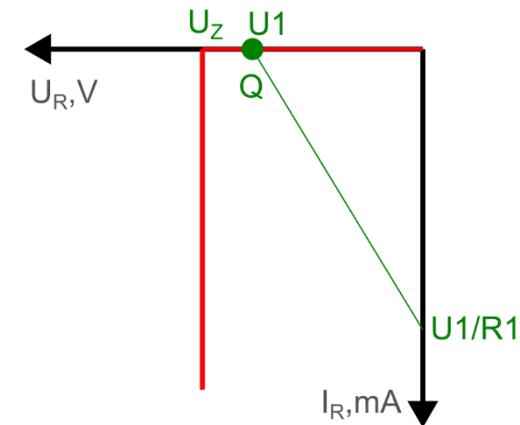
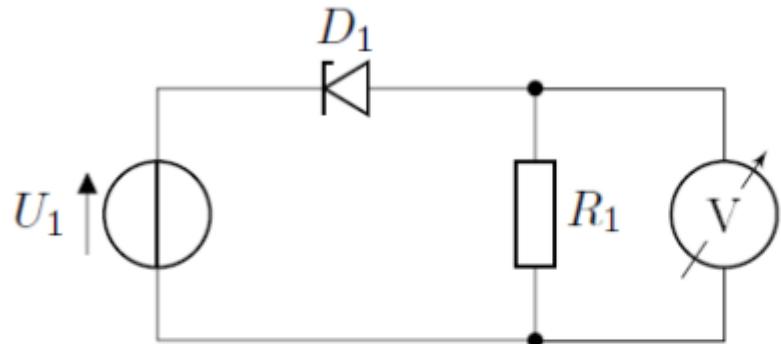
10V

8V

2V

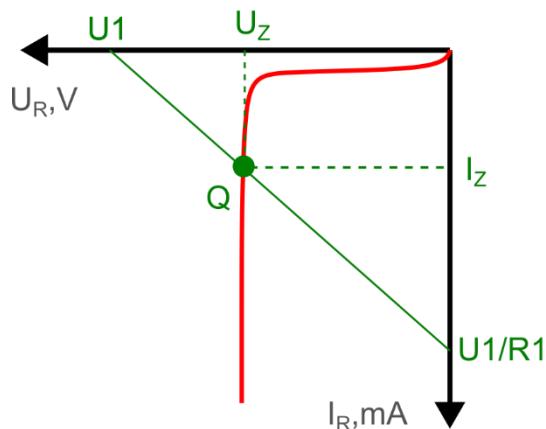
0V

Какво ще покара волтметъра, ако  $U_1=8V$ ,  $R_1=100\Omega$ , а  $D_1$  е ценеров диод с  $U_z=10V$ .



- 10V
- 8V
- 2V
- 0V

## Параметри – напрежение на пробив



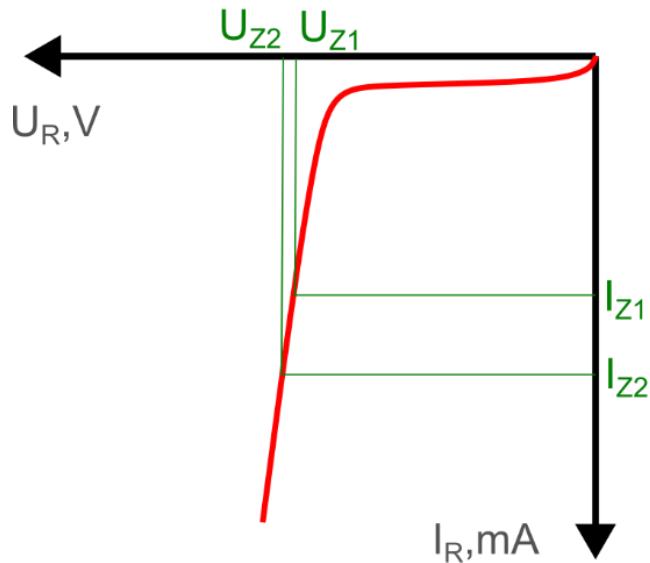
Ценеровите диоди се характеризират с напрежение на пробив  $U_Z$ , което се задава за конкретен ток  $I_Z$ .

Пробивното напрежение  $U_Z$  е от порядъка на няколко волта до няколко стотици волта. За всеки ценеров диод се задават и толерансите за ценеровото напрежение.

### ● Characteristic ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Zener Voltage	$V_Z$	$I_Z = 2\text{mA}$	34.00	-	38.00	V
Reverse Current	$I_R$	$V_R = 25.0\text{V}$	-	-	0.1	$\mu\text{A}$
Dynamic Impedance	$Z_Z$	$I_Z = 2\text{mA}$	-	-	90	$\Omega$
Temperature Coefficient	$\gamma_Z$	$I_Z = 2\text{mA}$	28.5	-	34.0	$\text{mV}/^\circ\text{C}$

## Динамично съпротивление $r_Z$



$$r = \frac{dU_Z}{dI_Z} \approx \frac{U_{Z2} - U_{Z1}}{I_{Z2} - I_{Z1}}$$

Динамичното (променливотоково) **съпротивление**  $r_Z$  се дефинира като отношение на нарастваща на напрежението и нарастваща на тока около дадена работна точка.

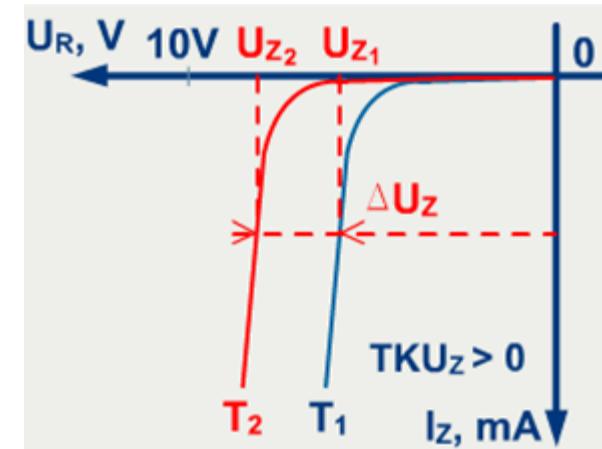
Колкото по-малко е динамичното съпротивление, толкова характеристиката е по-стръмна и диодът е по-добър като стабилизатор на напрежение.

# Температурен коефициент

$$TKU_z [V/{\circ}C] = \frac{U_{Z2} - U_{Z1}}{T_2 - T_1}$$

$$I_Z = \text{const}$$

$$TKU_z [\%/{\circ}C] = \frac{U_{Z2} - U_{Z1}}{(T_2 - T_1)U_Z}$$

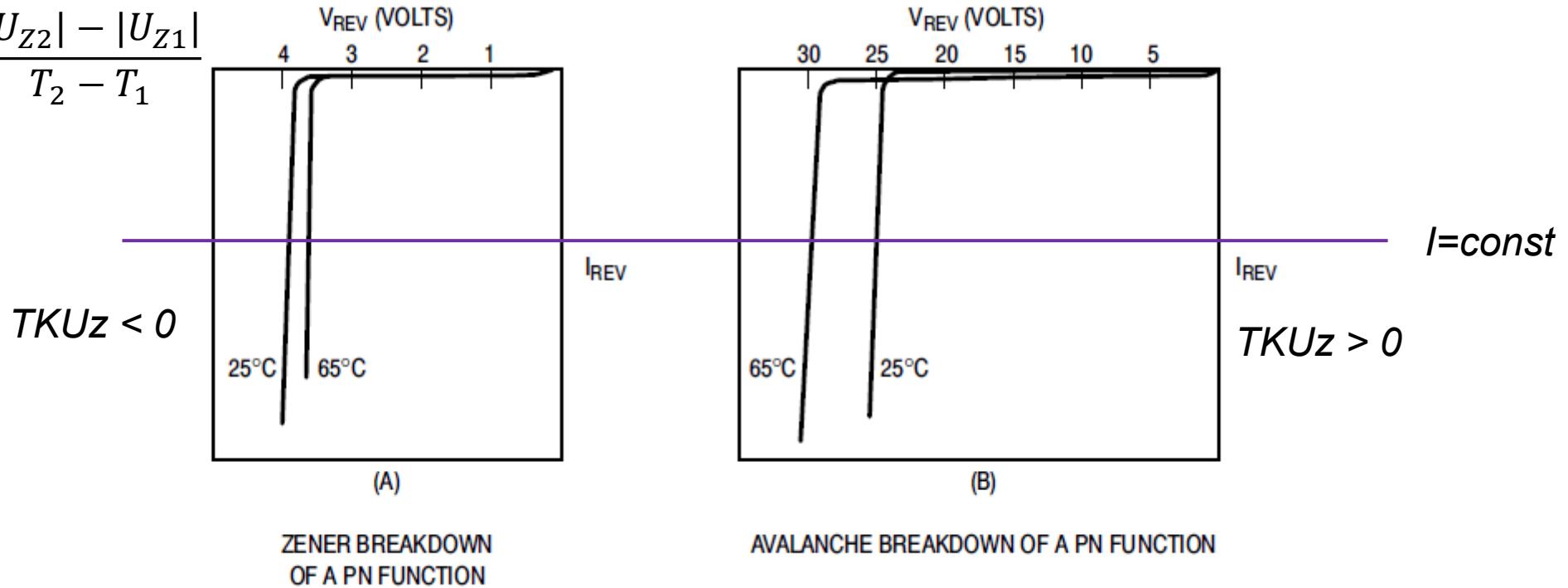


**Температурният коефициент на напрежението на пробив  $TKU_z$**  отчита влиянието на температурата върху стойността на пробивното напрежение в  $mV/{\circ}C$  или  $\%/{\circ}C$ .

Той може се дефинира и с процентното изменение на напрежението  $U_z$  спрямо промяната на температурата.

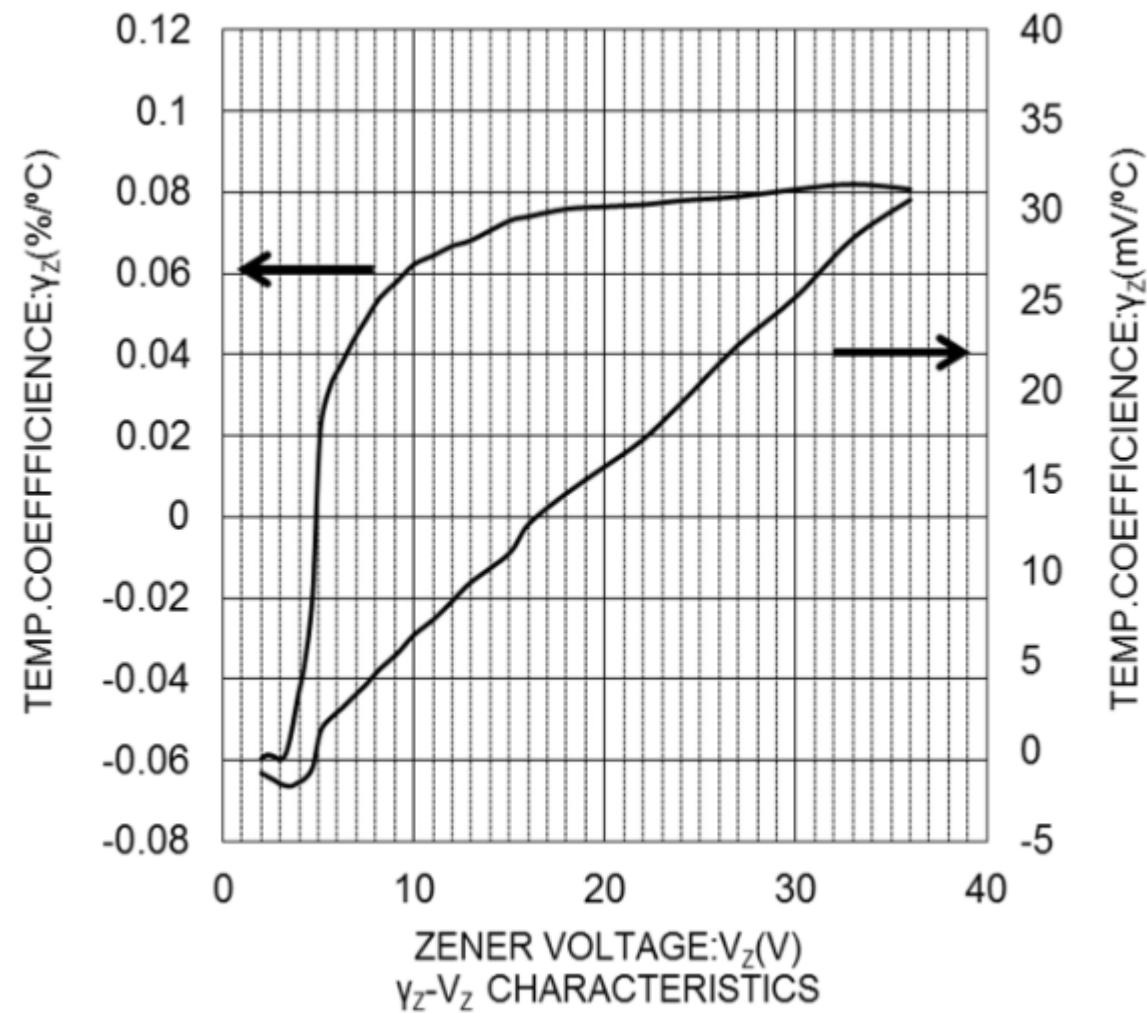
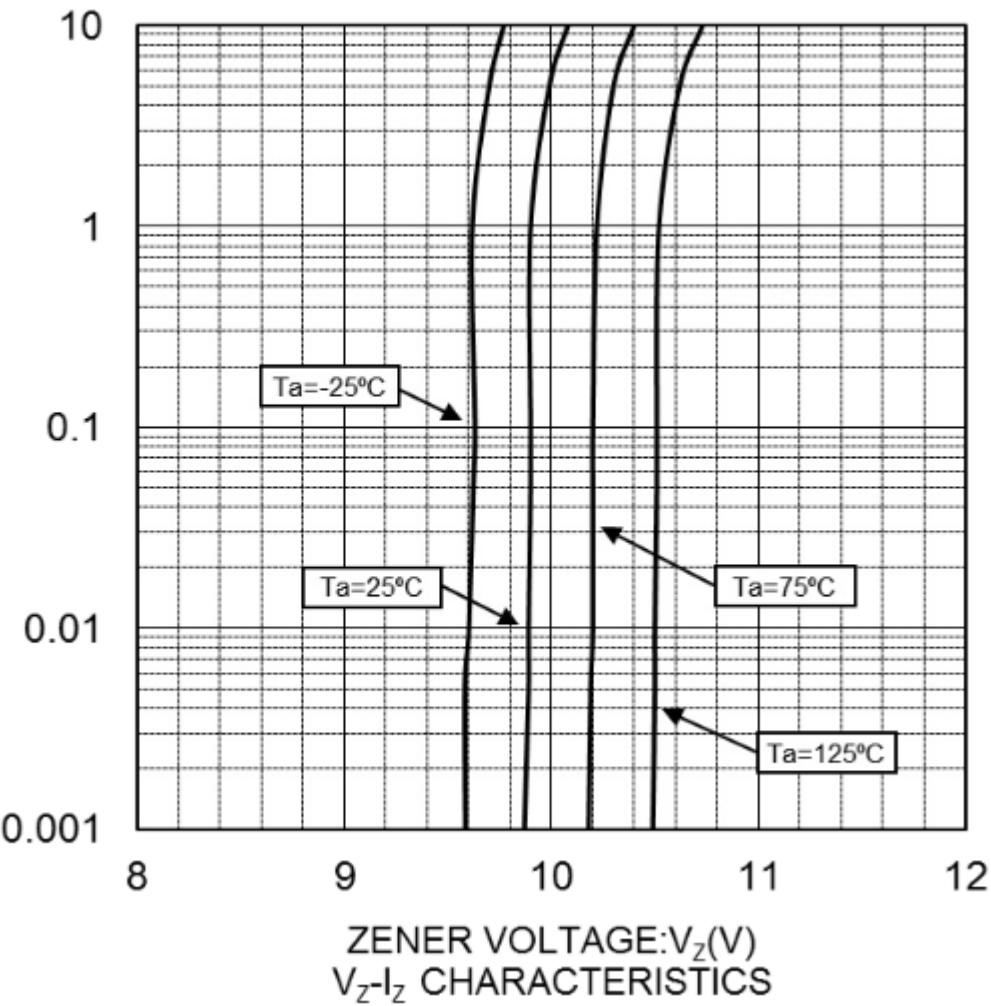
## Влияние на температурата

$$TKU_z[V/\text{°C}] = \frac{|U_{Z2}| - |U_{Z1}|}{T_2 - T_1}$$

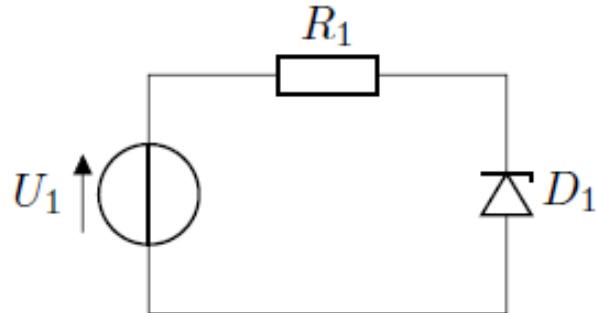


**Figure 4. Typical Breakdown Diode Characteristics. Note Effects of Temperature for Each Mechanism**

ZENER CURRENT: $I_z$ (mA)



# Максимална мощност



## ● Absolute Maximum Rating ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )

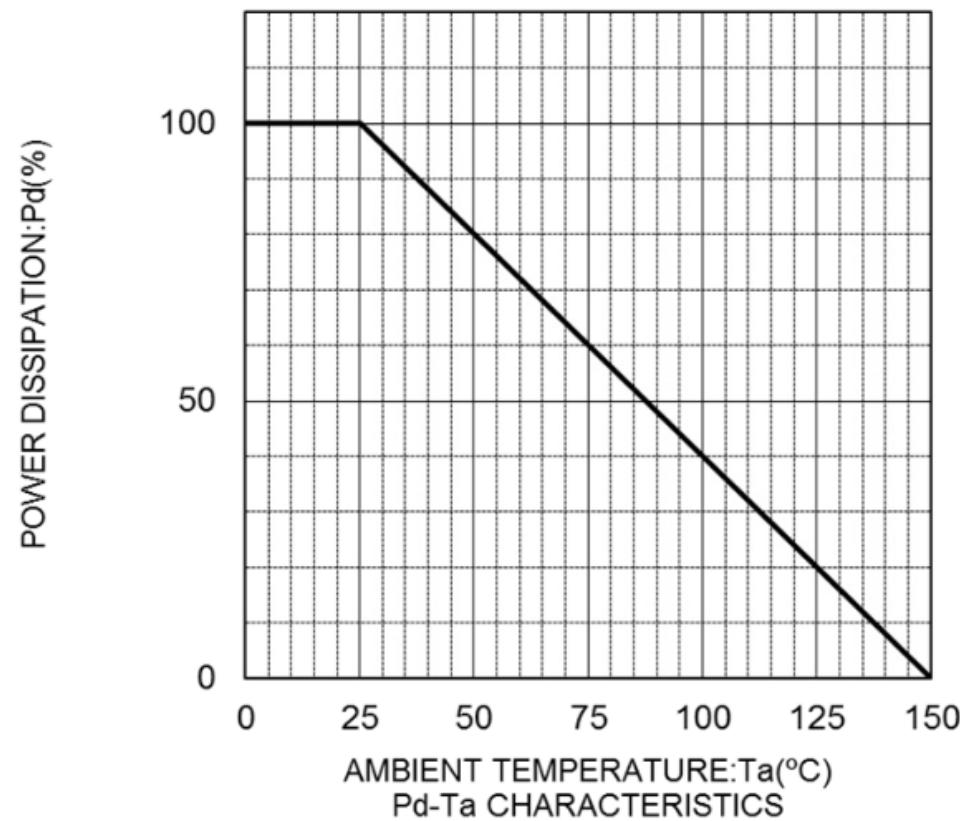
Parameter	Symbol	Limits	Unit
Power dissipation	$P_D$	150	mW
Junction temperature	$T_j$	150	°C
Storage temperature	$T_{stg}$	-55 ~ 150	°C

Мощността, отделена в ценеровия диод, работещ в режим на пробив е  $P_z = U_z \cdot I_z$ .

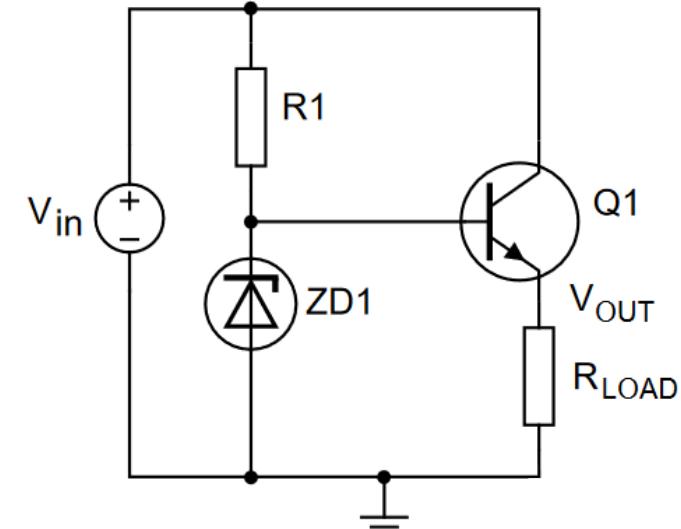
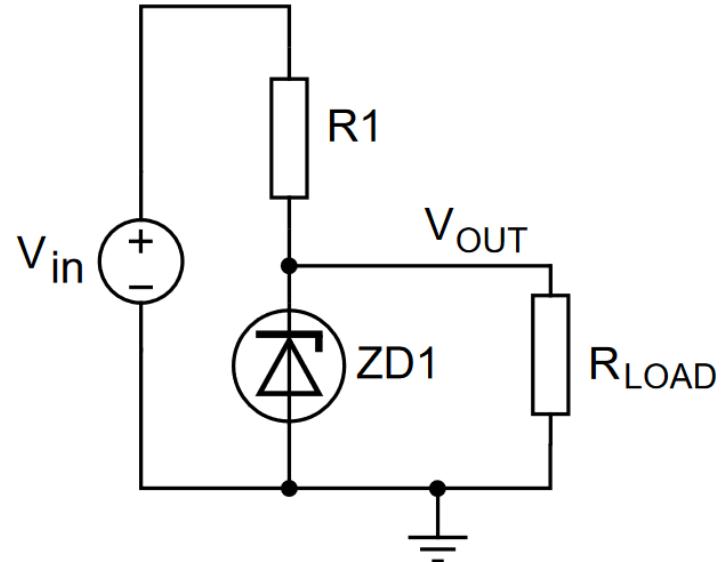
**Максимално допустимата мощност  $P_{z_{max}}$**  е най-голямата мощност, разсейвана от р-п прехода, при която не възниква топлинен пробив.

Докато отделената мощност  $P_z$  не надвиши максимално допустимата мощност  $P_{z_{max}}$  ценеровият диод работи в областта на електрически пробив без да се разруши.

# Максимална мощност



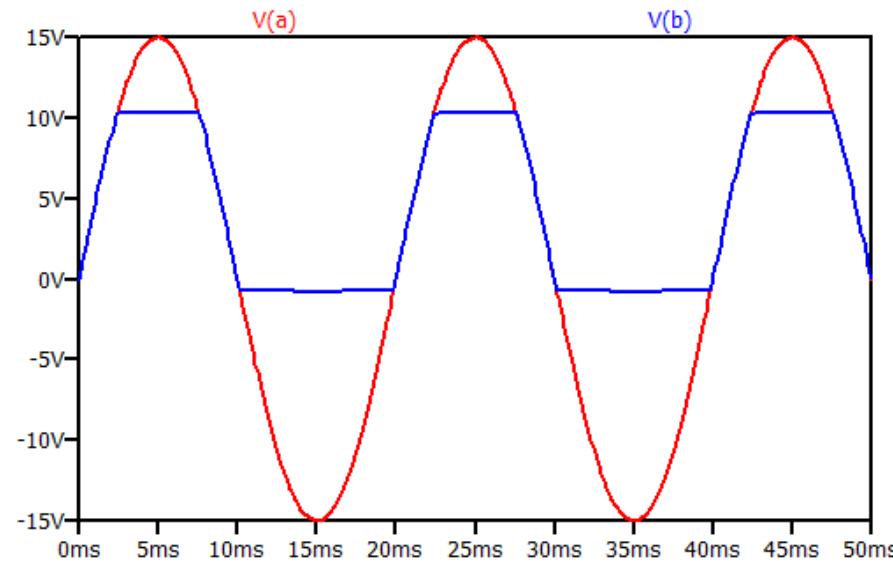
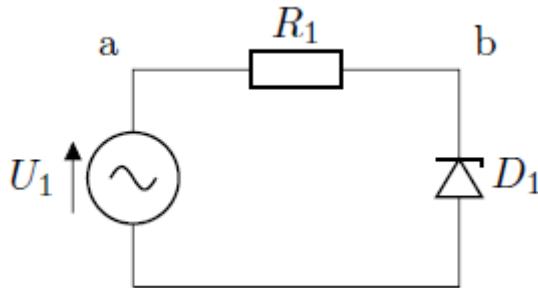
## Приложения – стабилизатор на напрежение



Товарът  $R_{LOAD}$  се свързва паралелно на ценеровия диод. Ценеровият диод поддържа **постоянно напрежение** върху товара  $U_{LOAD} = U_Z$  независимо от промените в захранващия токоизточник или в товарното съпротивление.

Съпротивлението  $R1$  е токоограничаващо съпротивление.

# Ограничител на напрежение



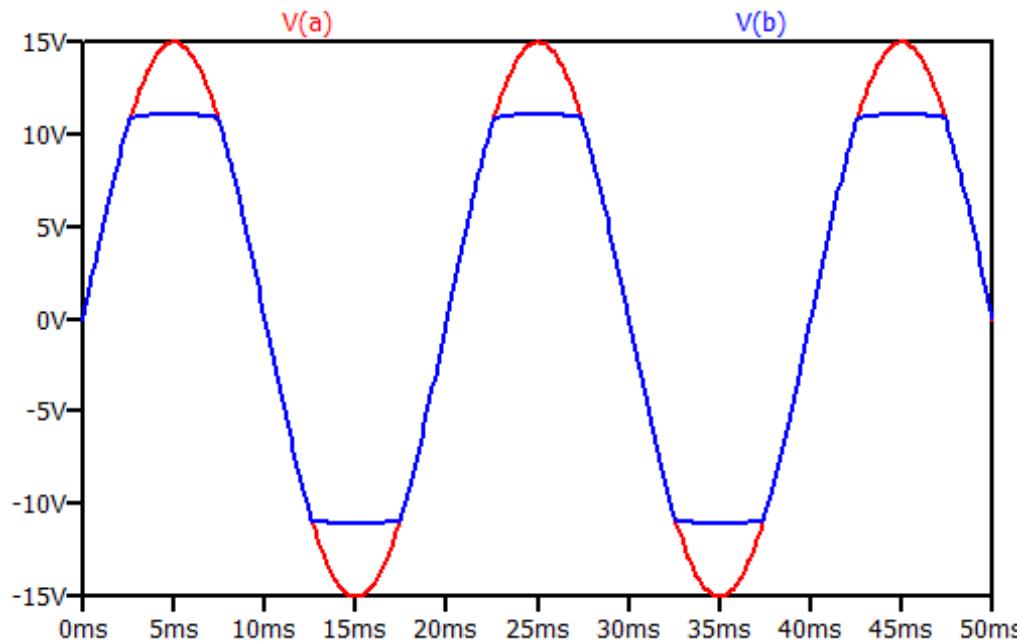
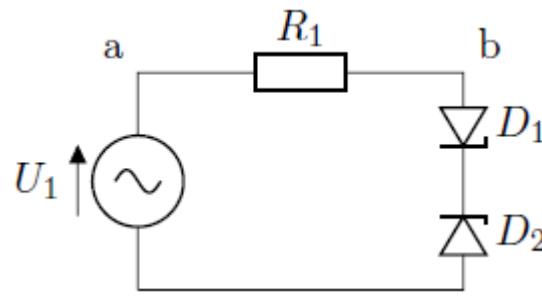
**Ограничителят на напрежение** отрязва напреженията на сигнала над и под специфицирано ниво.

По време на положителния полупериод, когато входното напрежение надвиши напрежението на пробив  $U_Z$  на ценеровия диод, диодът D1 работи в режим на пробив и ограничава изходния сигнал на нивото на ценерово напрежение  $U_Z$ .

За напрежения по-малки от  $U_Z$  диодът е в обратно включване, действа като отворен ключ и изходното напрежение следва входното.

По време на отрицателния полупериод, ценеровият диод е в право включване, действа като нормален диод и ограничава изходното напрежение до обичайната стойност -0,7 V.

## Ограничител на напрежение



През положителния полупериод D2 е в пробив, а диодът D1 е в право включване. Изходното напрежение се ограничава до  $U_{Z1} + U_o = 10 + 0.7 = +10.7V$ .

По време на отрицателния полупериод D1 е в пробив, D2 – в право включване и изходното напрежението се ограничава до  $-10.7V$

Когато входното напрежение е по-малко от напрежението на пробив, съответният ценеров диод е в обратно включване, действа като отворен ключ и изходното напрежение следва входното.

