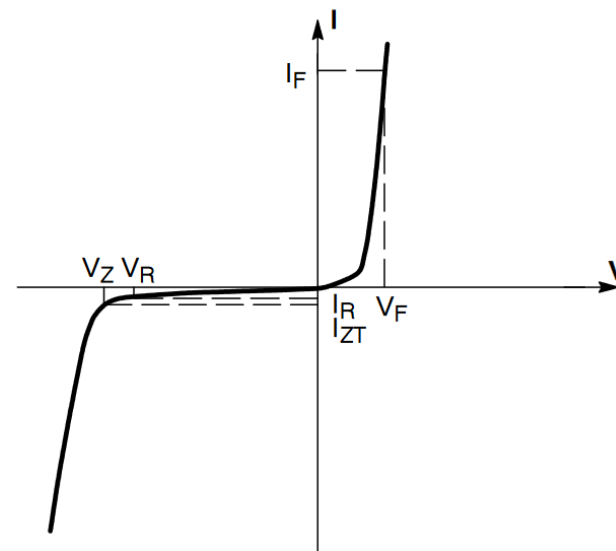
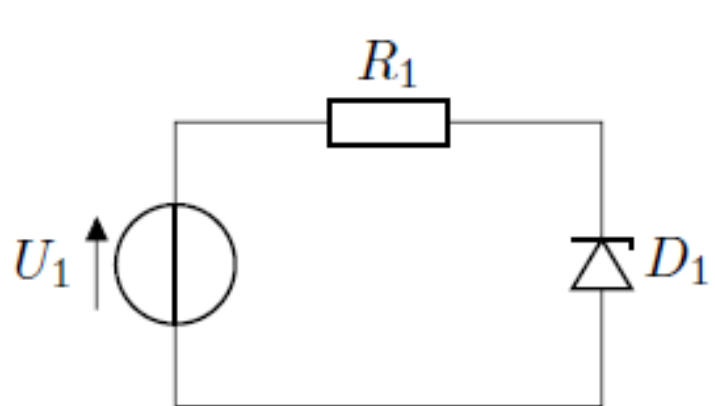




Ценеров диод



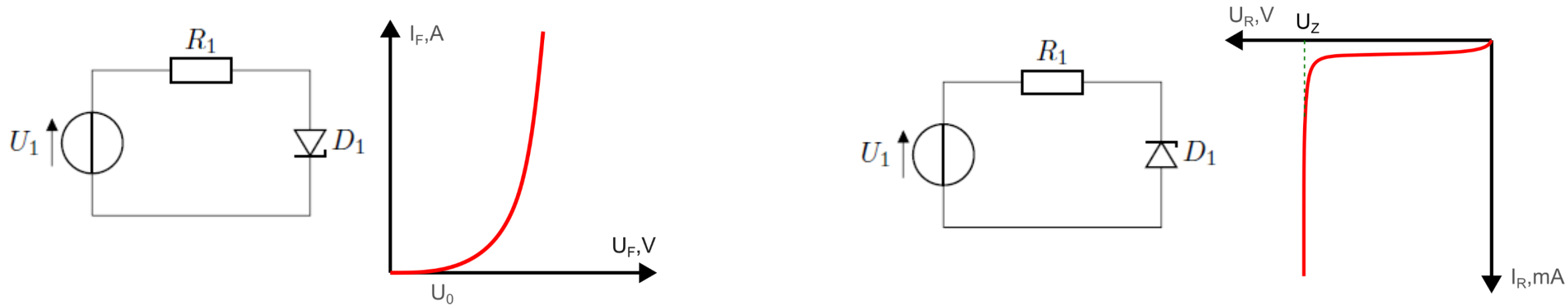
Ценеровият диод е оптимизиран да работи в областта на електрически пробив.

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

Приложения

Стабилизатор на напрежение.

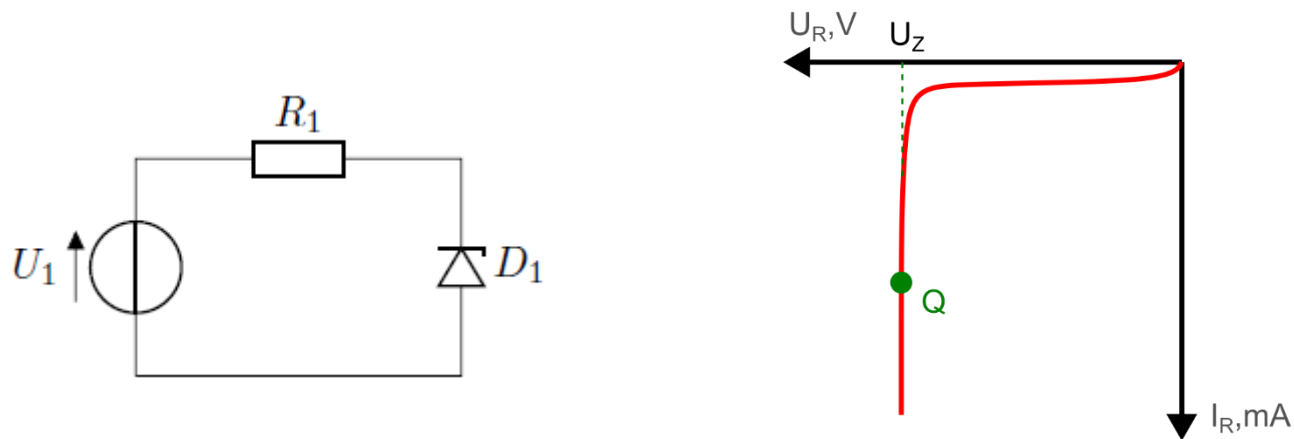
Защита от пренапрежение.



При право включване ценовият диод се отпушва при 0.7 V, точно като Si диод с p-n преход.

При обратно включване обратният ток преди пробива е много малък.

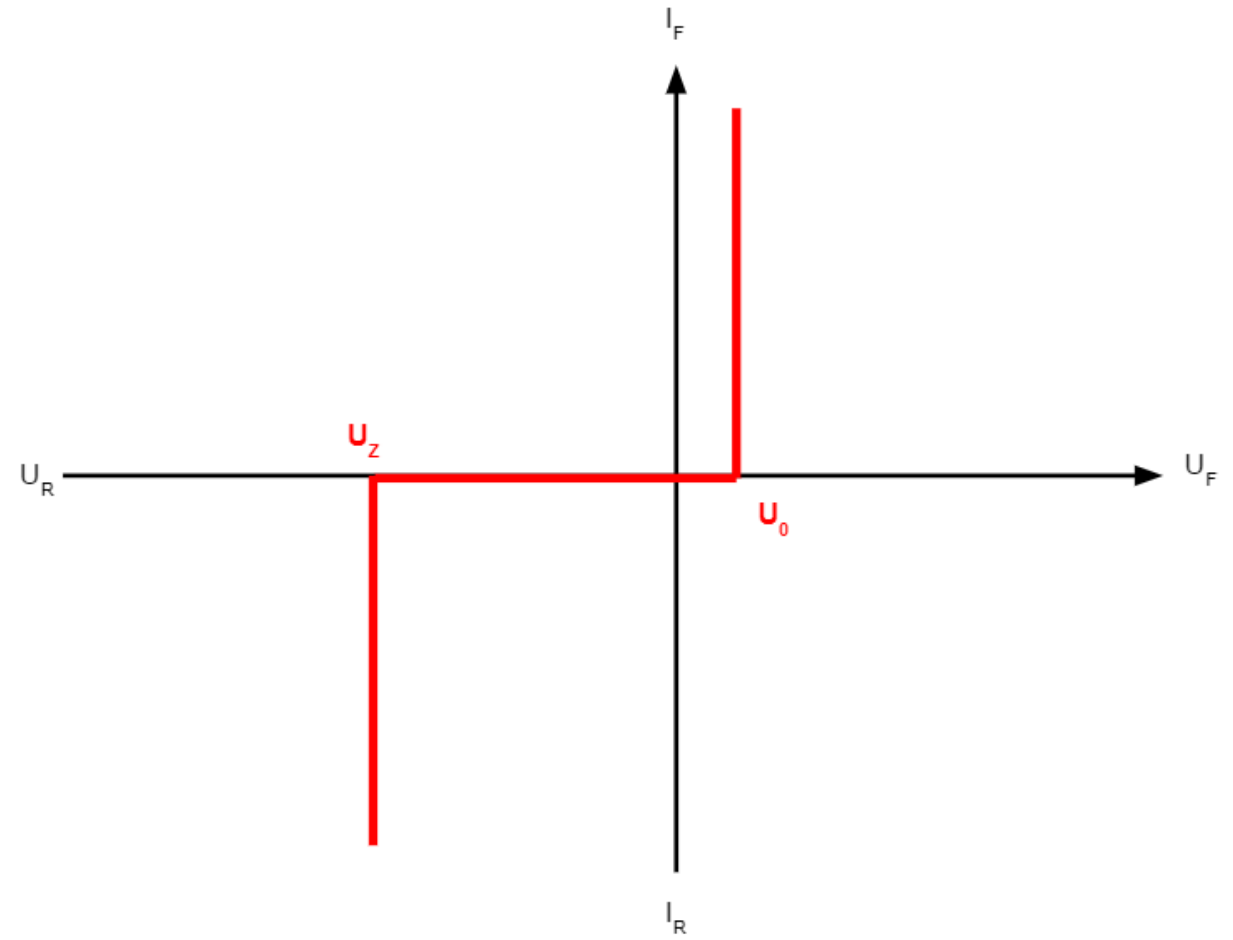
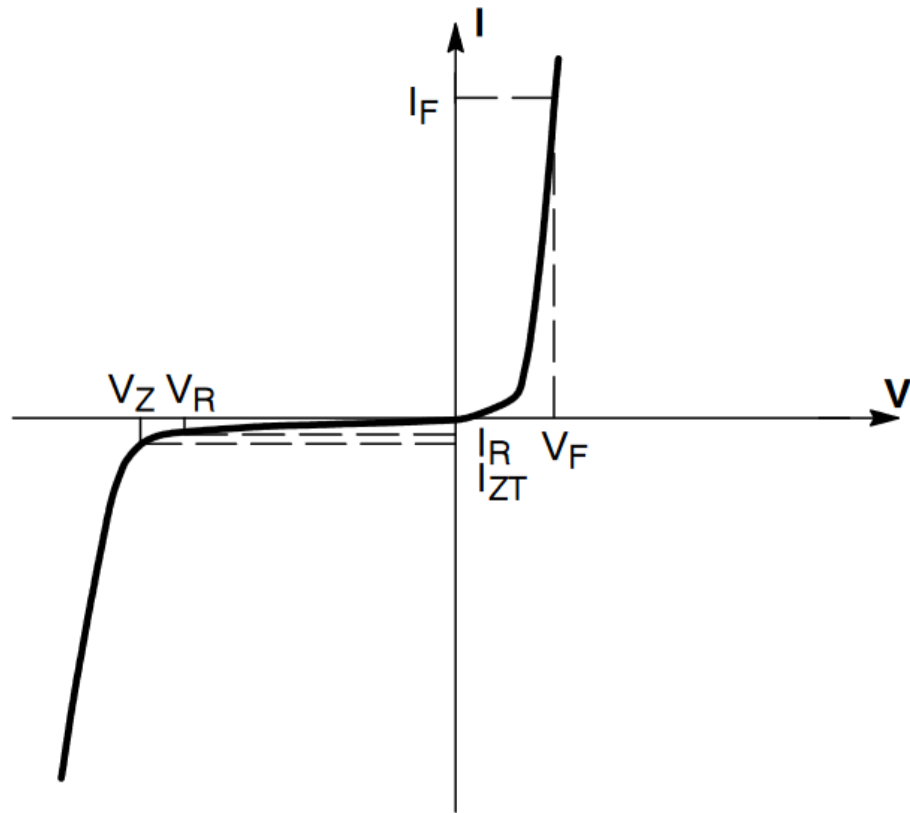
В областта на пробив се наблюдава рязко нарастване на тока при оставащо почти постоянно напрежение.



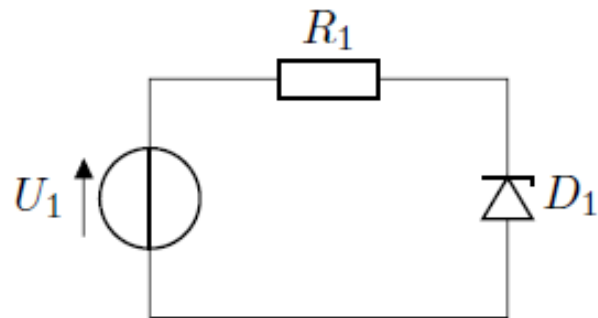
Ценеровият диод поддържа постоянно напрежение при значителна промяна на входното напрежение и тока през дода.

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

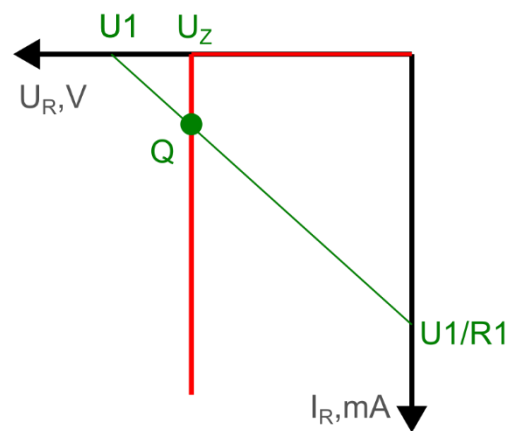
Прагов модел



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



$$U_z = 8V, U_1 = 10V, R_1 = 2k\Omega$$



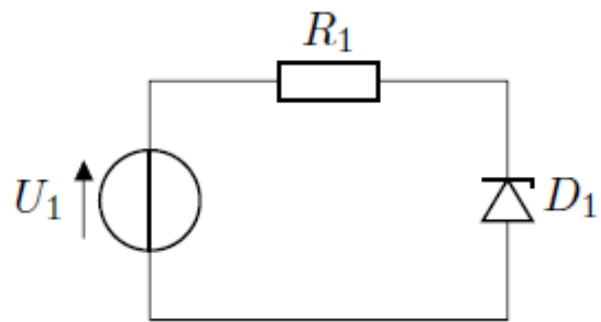
$$Q_x = U_d$$

$$Q_y = I_d$$

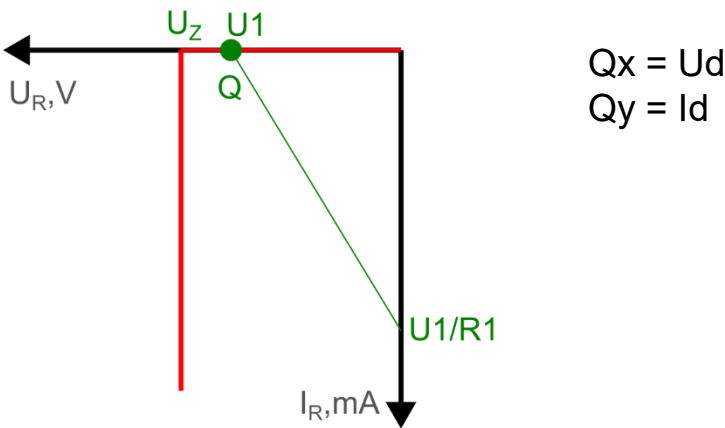
- 1) Източникът на напрежение U_1 , диодът D_1 и резисторът R_1 са свързани последователно \Rightarrow през тях тече еднакъв ток I .
- 2) Диодът е включен в обратна посока и $U_1 > U_z \Rightarrow$ диодът е в режим на пробив и $U_d = U_z$.
- 3) От законът на Кирхоф за напреженията $\Rightarrow U_1 = U_r + U_d$; $U_r = U_1 - U_d = 10V - 8V = 2V$
- 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.



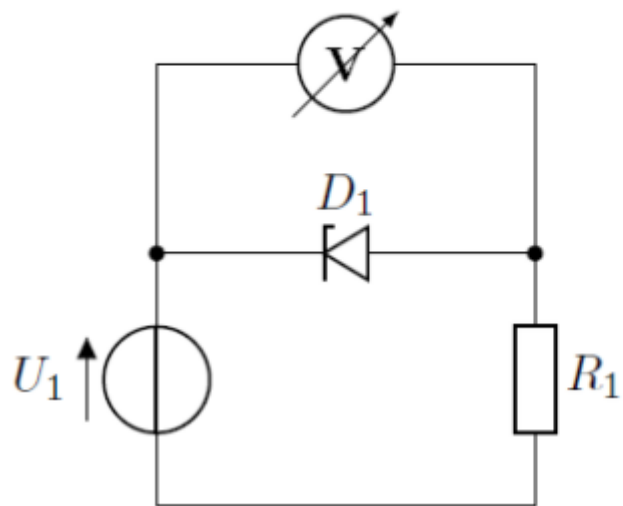
$U_z = 10V, U_1 = 8V, R_1 = 2k\Omega$



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

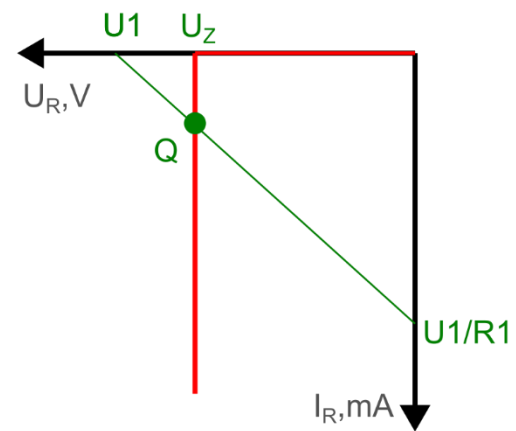


☐ 10V

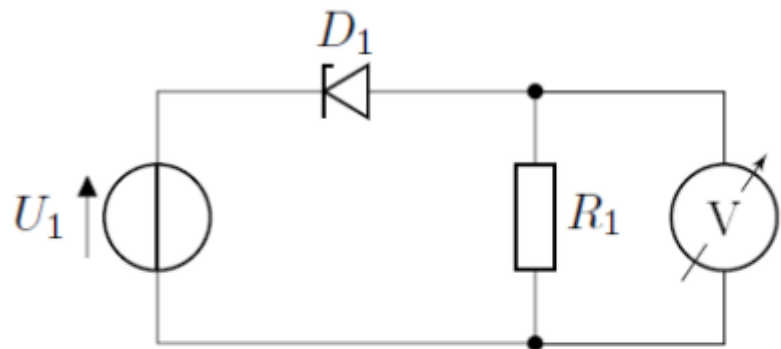
☒ 8V

☐ 2V

☐ 0V



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

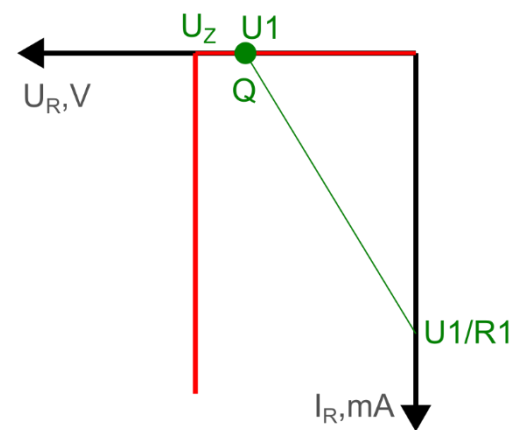


☐ 10V

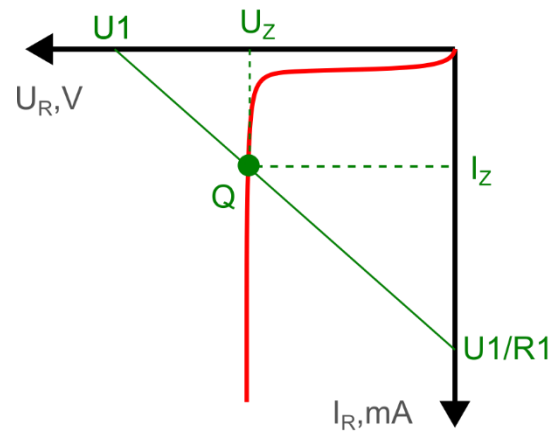
☐ 8V

☐ 2V

☒ 0V



Параметри – напрежение на пробив



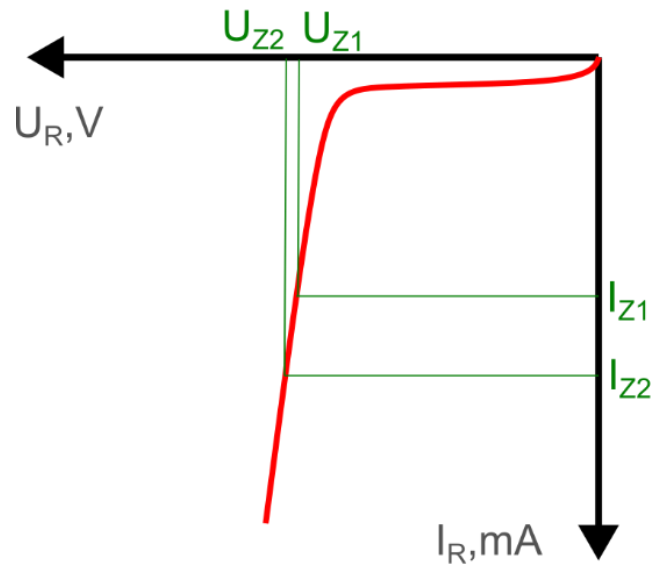
Ценеровите диоди се характеризират с напрежение на пробив U_Z , което се задава за конкретен ток I_Z .

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 ($T_a = 25^{\circ}C$)

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

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 нарастване на напрежението и нарастване на тока около дадена работна точка.

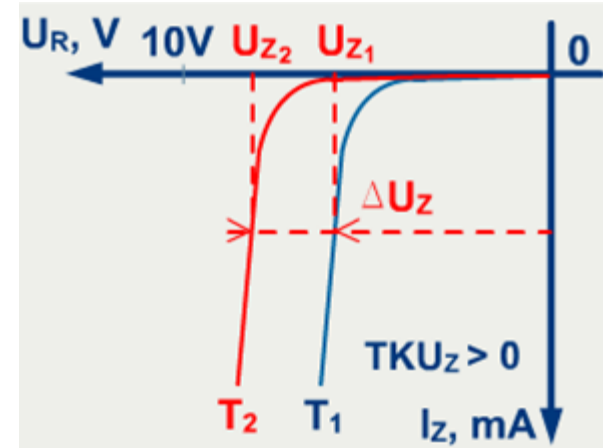
Колкото по-малко е динамичното съпротивление, толкова характеристиката е по-стръмна и диодът е по-добър като стабилизатор на напрежение.

Температурен коефициент

$$TKU_z[V/^{\circ}C] = \frac{U_{z2} - U_{z1}}{T_2 - T_1}$$

$$TKU_z[\%/^{\circ}C] = \frac{U_{z2} - U_{z1}}{(T_2 - T_1)U_z}$$

$$I_z = \text{const}$$



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

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

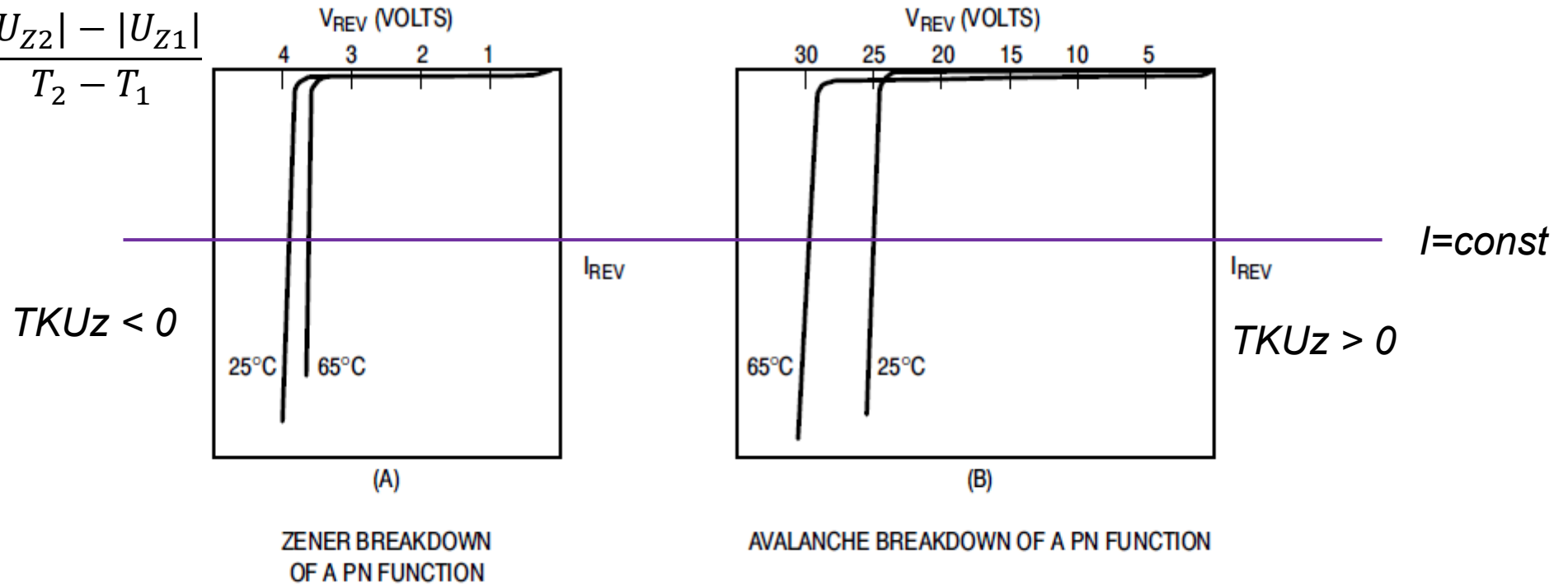
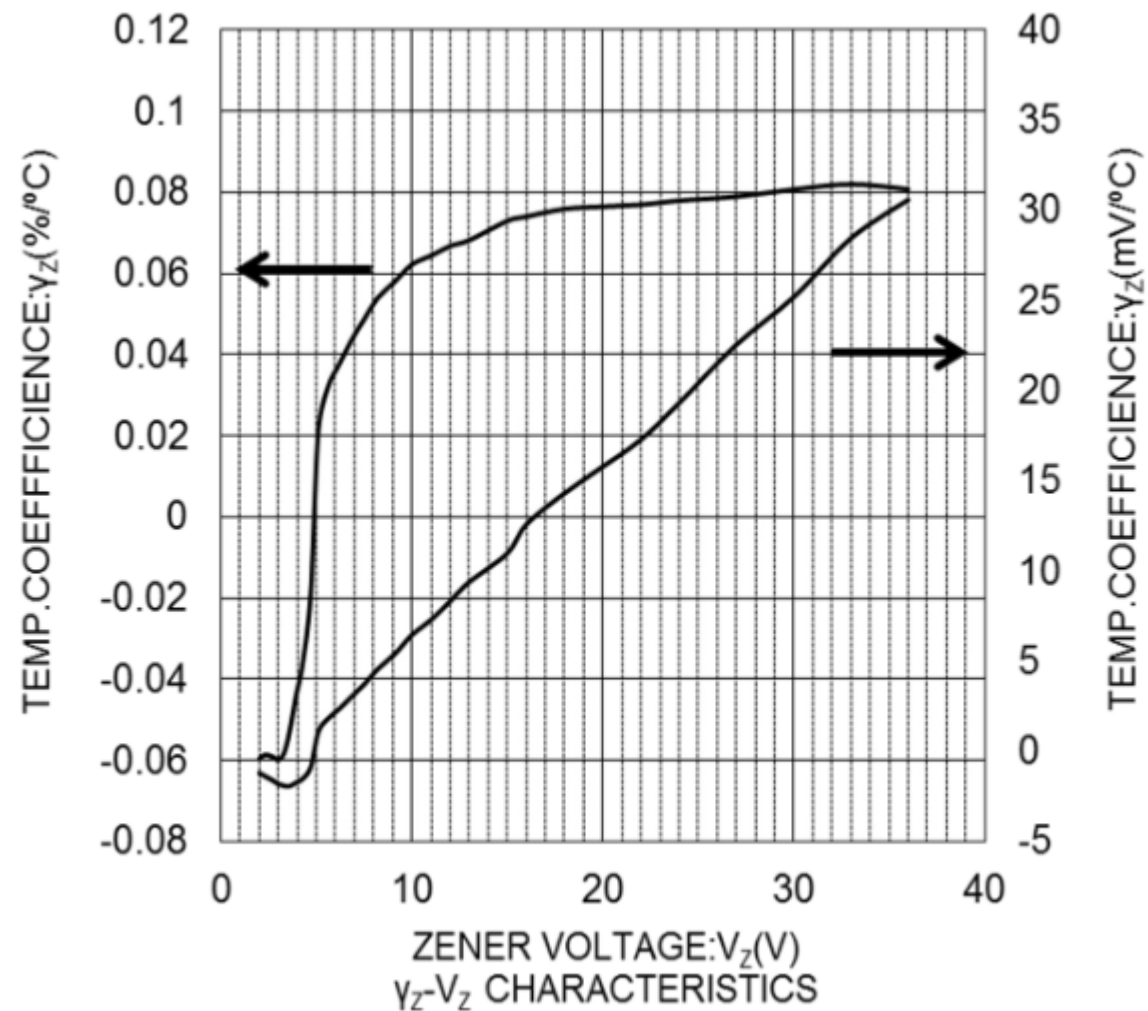
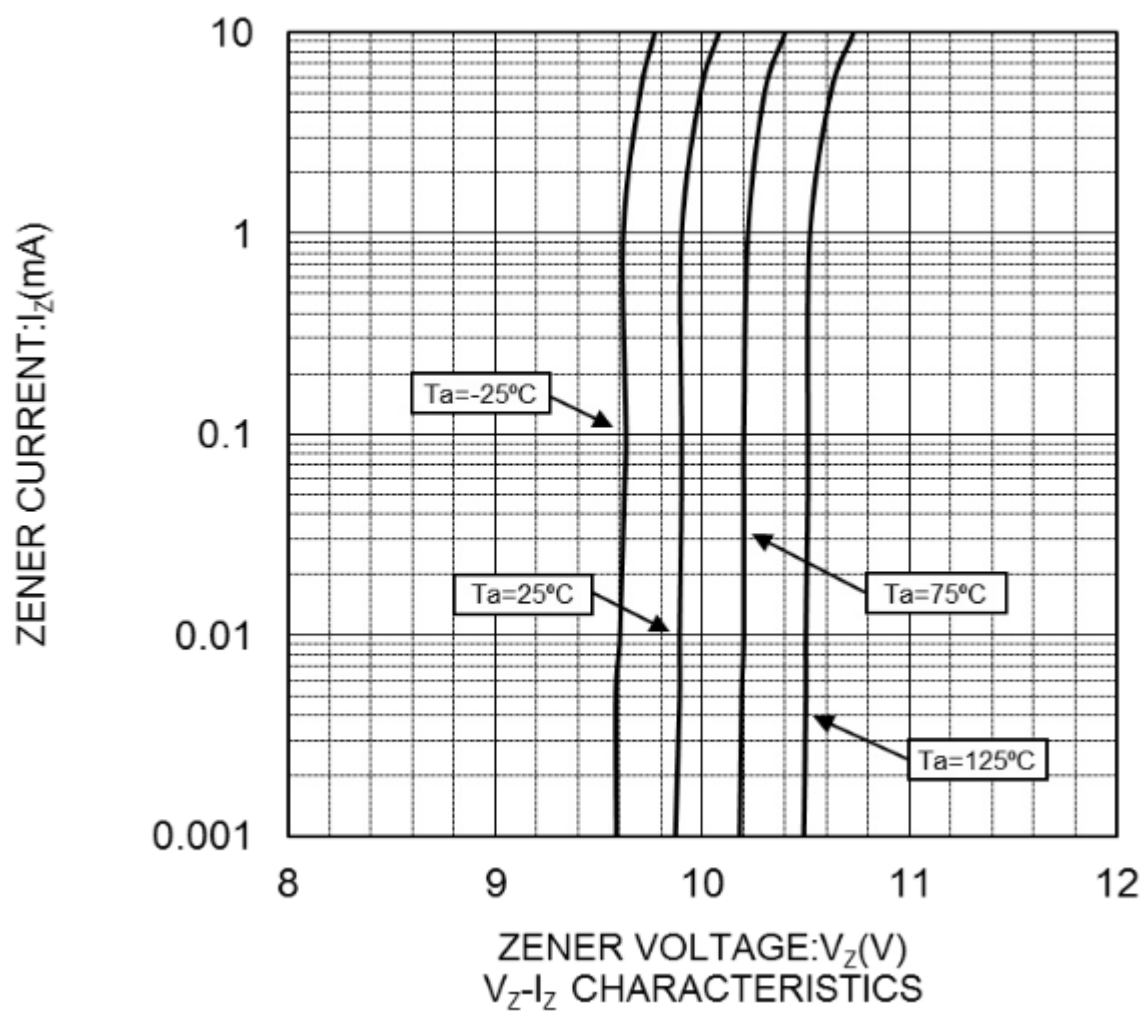
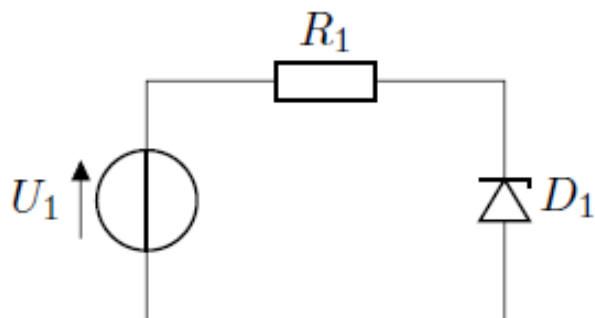


Figure 4. Typical Breakdown Diode Characteristics. Note Effects of Temperature for Each Mechanism



Максимална мощност



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

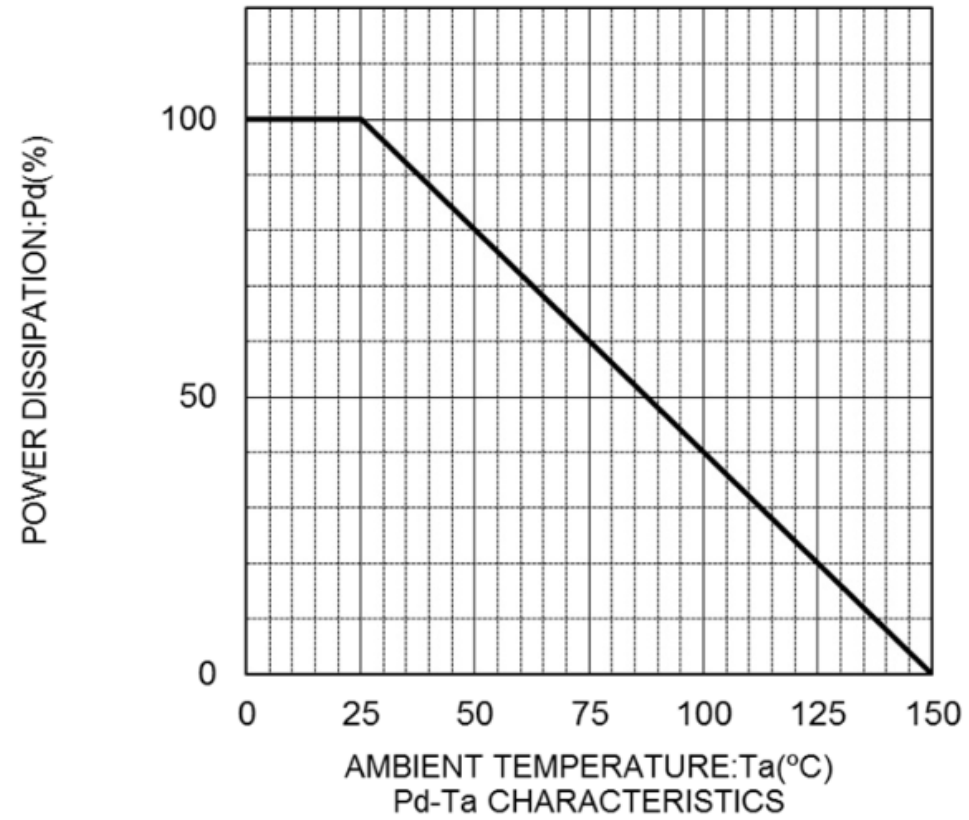
Parameter	Symbol	Limits	Unit
Power dissipation	P_D	150	mW
Junction temperature	T_j	150	$^\circ\text{C}$
Storage temperature	T_{stg}	-55 ~ 150	$^\circ\text{C}$

Мощността, отделена в ценеровия диод, работещ в режим на пробив е $P_Z = U_Z \cdot I_Z$.

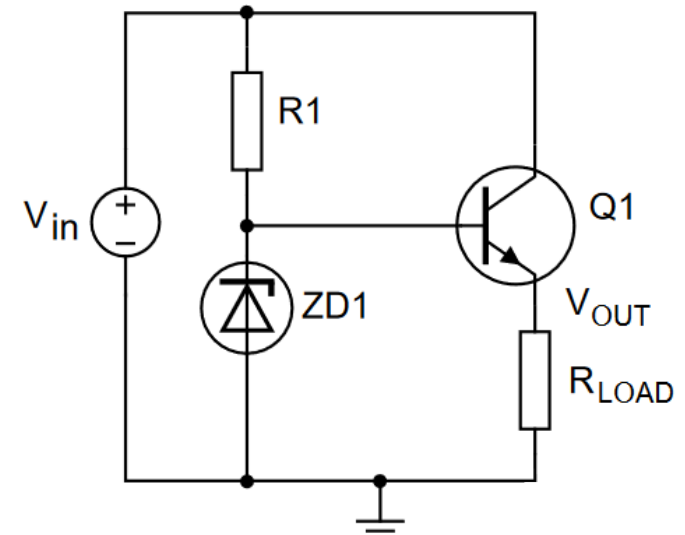
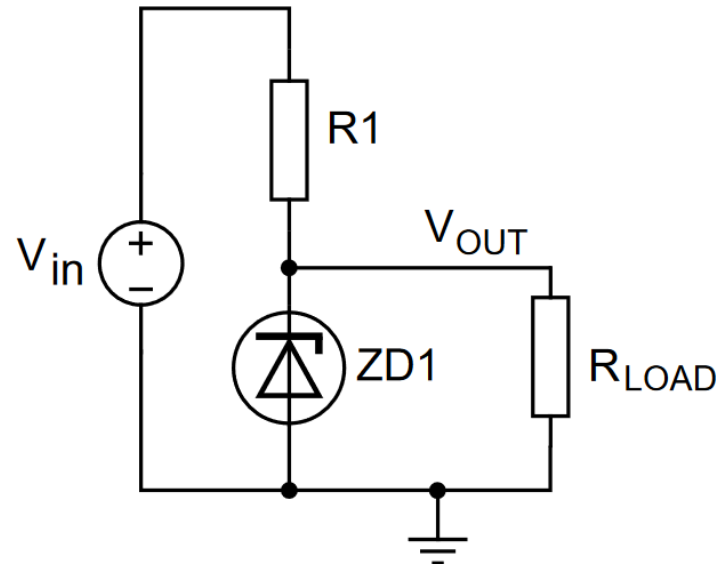
Максимално допустимата мощност $P_{Z_{\text{max}}}$ е най-голямата мощност, разсейвана от p-n прехода, при която не възниква топлинен пробив.

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

Максимална мощност



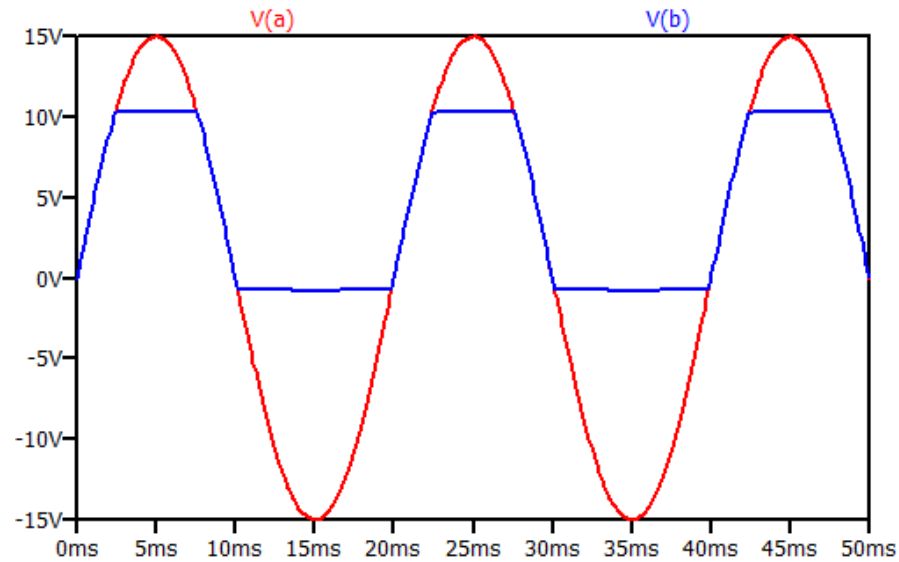
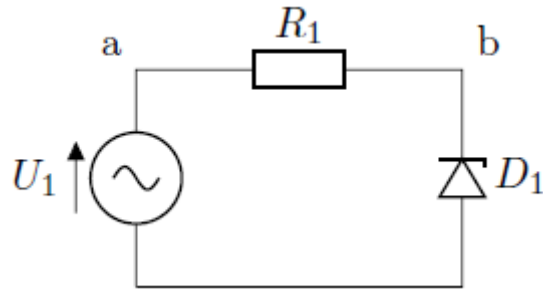
Приложения – стабилизатор на напрежение



Товарът R_{LOAD} се свързва паралелно на ценовия диод. Ценовият 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



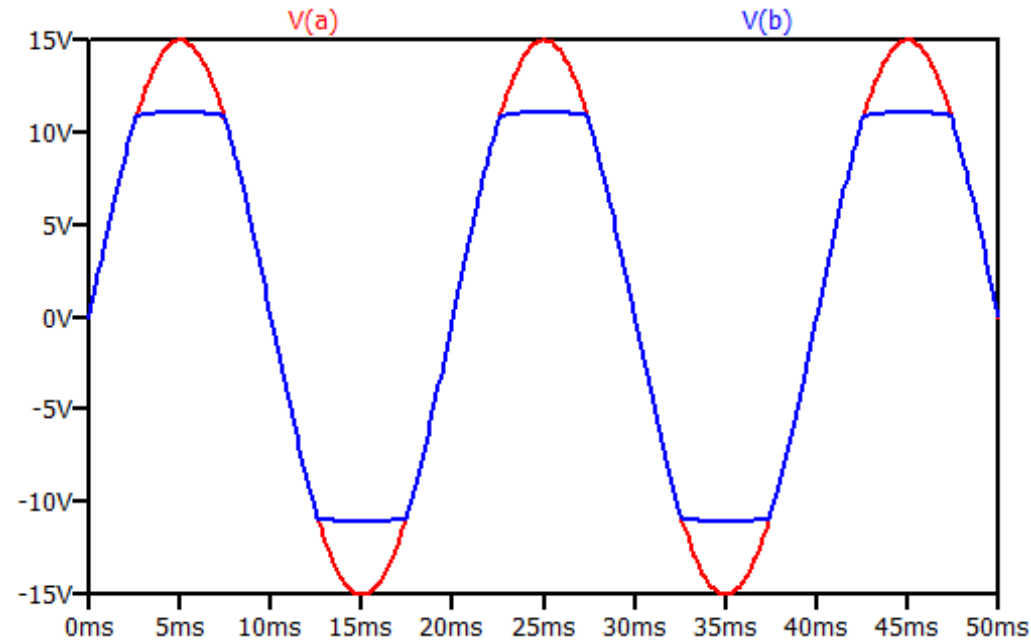
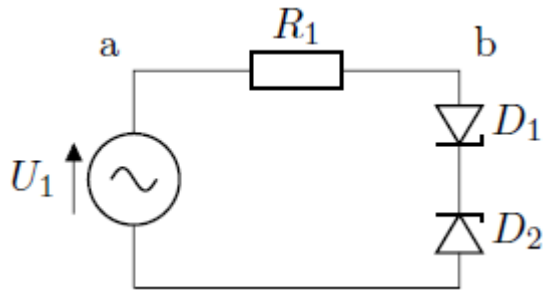
Ограничителят на напрежение отрязва напреженията на сигнала над и под специфицирано ниво.

По време на положителния полупериод, когато входното напрежение надвиши напрежението на пробив U_Z на ценовия диод, диодът D_1 работи в режим на пробив и ограничава изходния сигнал на нивото на ценово 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, ценовият диод е в право включване, действа като нормален диод и ограничава изходното напрежение до обичайната стойност $-0,7\text{ V}$.

Ограничител на напрежение



През положителния полупериод D_2 е в пробив, а диодът D_1 е в право включване. Изходното напрежение се ограничава до $U_{z1} + U_o = 10 + 0.7 = +10.7V$.

По време на отрицателния полупериод D_1 е в пробив, D_2 – 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.

