



Uniwersytet
Wrocławski

**Wydział Fizyki
i Astronomii**
Instytut Fizyki Doświadczalnej

pl. M. Borna 9
50-204 Wrocław
tel. +48 71 375 93 02, +48 71 328 73 65
fax +48 71 328 73 65
e-mail: sekr@ifd.uni.wroc.pl
www.ifd.uni.wroc.pl

Elektrotechnika i elektronika (konspekt)

Franciszek Gołek (golek@ifd.uni.wroc.pl)

www.pe.ifd.uni.wroc.pl

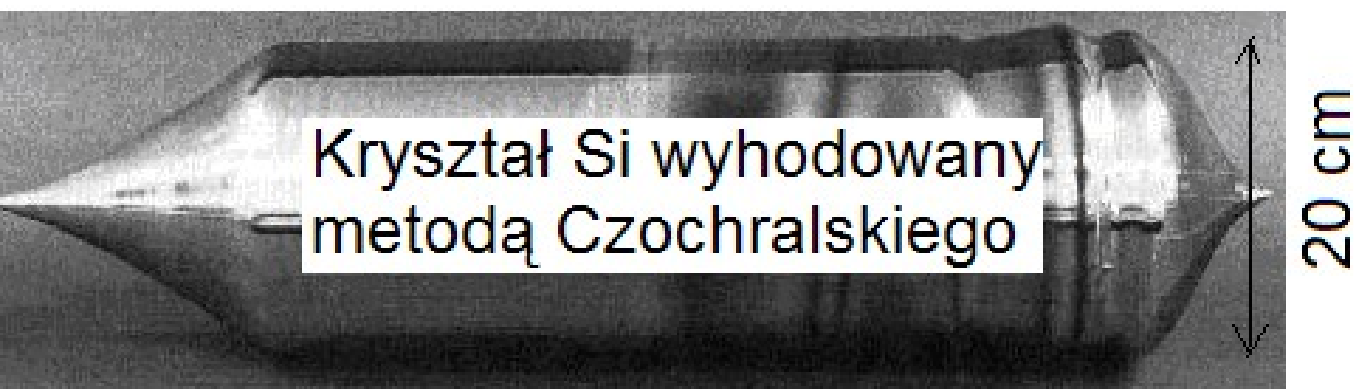
Wykład 9.

Diody

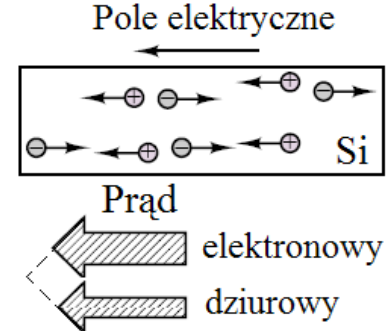
W tym wykładzie omówimy złącza pn i diody. Pominiemy zgłębianie ilościowe fizyki zjawisk w elementach elektronicznych. Takie podejście jest dla elektroników nieefektywne. Elektrycy ograniczają się do poznania zjawisk fizycznych w złożonych elementach elektronicznych w zakresie jakościowym i koncentrują się raczej na analizie charakterystyk prądowo napięciowych (i-v) i czasowych (szybkość przełączenia, czas propagacji sygnału) oraz prostych modelach obwodów z tymi elementami.

Początkowo podstawowym materiałem w technologii półprzewodnikowej był german między innymi ze względu na niską temperaturę topnienia 990°C . Szybko jednak okazało się, że na podłożu krzemowym (temperatura topnienia krzemu: 1410°C) można łatwo uformować stabilny tlenek (SiO_2) a na germanie nie. Ponadto napięcie przebicia dla tlenku krzemu jest wyższe niż dla tlenku germanu. Poczynając od lat 1960-tych krzem dominuje w technologii elementów elektronicznych.

Warto porównać przewodności metalu np. **miedzi: $0.59 \cdot 10^6$ S/cm**; izolatora np. **szkła: 10^{-16} - 10^{-13} S/cm** oraz półprzewodnika np. **krzemu: 10^{-8} do 10^{-1} S/cm**.



Dzieje się tak dlatego, że pole elektryczne wpływa na to, który elektron z otoczenia dziury ma największą szansę do niej przeskoczyć. Przeskok elektronu walencyjnego do dziury oznacza przemieszczenie się dziury a zatem i przemieszczenie ładunku związanego z brakiem elektronu (brakiem neutralizacji).



Ponieważ ilość elektronów i dziur zależy od temperatury toteż wiele własności półprzewodników zależy od temperatury. W praktyce stosowane są półprzewodniki domieszkowane w taki sposób aby mieć albo nadmiar dziur (są to półprzewodniki typu p) albo nadmiar elektronów (półprzewodniki typu n). Domieszki dające typ n półprzewodnika nazywane są donorami (pierwiastki 5-wartościowe, As,...) gdyż dodają elektrony do pasma przewodnictwa, natomiast domieszki dające typ p nazywane są akceptorami (pierwiastki 3-wartościowe, B – bor...) gdyż pobierają elektrony z pasma walencyjnego generując dziury. Choć oddzielny kawałek półprzewodnika ma mało interesujące własności i zastosowania, to już odpowiednio dobrze połączone dwie warstwy półprzewodnika jedna typu p a druga typu n dają coś, co jest szeroko stosowane w układach elektronicznych – „złącze pn”. Najprostszym i szeroko stosowanym elementem zawierającym takie złącze jest dioda prostownicza. Historycznie to w roku 1874 niemiecki fizyk Ferdynand Braun odkrył, że w pewnych warunkach obwody z kryształem nie spełniają prawa Ohma, mogą przewodzić tylko w jednym kierunku – efekt prostowania.

Złącza p-n. Jest to prawie bezdefektowe połączenie dwóch półprzewodników z domieszkami (czyli półprzewodników niesamoistnych) o dwu różnych typach przewodnictwa elektrycznego p i n. Półprzewodnik nie domieszkowany (samoistny) kiepsko przewodzi prąd elektryczny w temperaturze pokojowej. Przypomnijmy, że energia średnia „drgań” termicznych w temperaturze pokojowej 300K wynosi zaledwie $E_{300K} = \text{stała Boltzmana} \times T = k_B \times 300K = 0,026\text{eV}$ i jest zbyt mała aby oswobadzać liczącą się ilość elektronów w jednostce czasu.

Domieszkowanie półprzewodnika silnie poprawia jego przewodnictwo elektryczne. Przykładowo domieszkując 4-wartościowy krzem atomem 5-wartościowym (donorem) tworzymy sytuację, w której cztery elektrony domieszki biorą udział w wiązaniach kowalencyjnych a piąty jako słabo związany (około 0,1eV) jest przez drgania termiczne oswobodzony („wrzucony” do pasma przewodnictwa). Półprzewodnik, który zawiera znaczną ilość donorów nazywa się półprzewodnikiem typu n, jego poziom Fermiego umiejscowiony jest blisko pasma przewodnictwa. Poziom Fermiego to taki poziom energetyczny, dla którego prawdopodobieństwo obsadzenia przez elektron wynosi $\frac{1}{2}$.

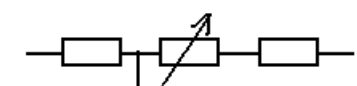
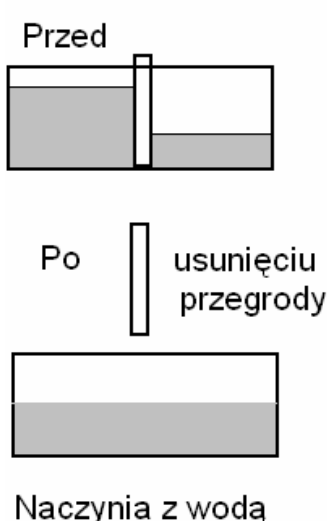
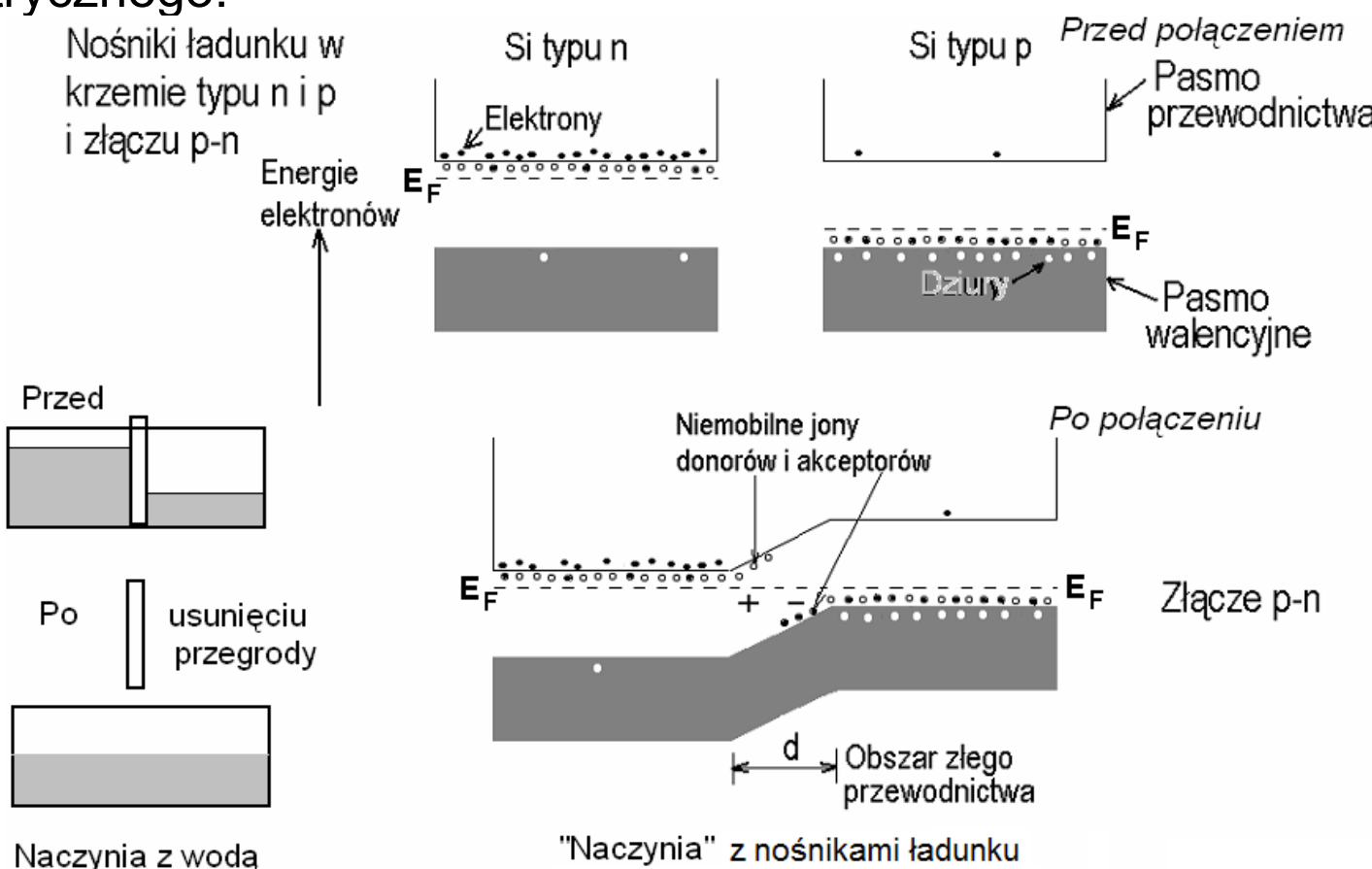
Podobną poprawę przewodnictwa uzyskamy, gdy zamiast atomu krzemu wstawimy atom trójwartościowy (akceptor). Powstanie wtedy jedno wolne miejsce w wiązaniach kowalencyjnych – dziura, która jako puste miejsce po elektronie w paśmie walencyjnym może się przemieszczać. Półprzewodnik, który zawiera znaczną ilość akceptorów nazywa się półprzewodnikiem typu p, jego poziom Fermiego umiejscowiony jest blisko pasma walencyjnego.

Zauważmy, że donator po utracie piątego elektronu jest **niemobilnym jonem dodatnim** a akceptor po przyłączeniu czwartego elektronu i „wypuszczeniu” dziury jest **niemobilnym jonem ujemnym**.

Wynalazcą fotodetektora i pierwszego użytecznego złącza p-n w 1940r. był Russel Shoemaker Ohl.

Złącza p-n Podobnie jak w połączonych naczyniach z wodą wyrównuje się poziom lustra wody tak w połączonych galwanicznie materiałach zawierających mobilne nośniki ładunku (elektrony i dziury) następuje wyrównanie poziomu Fermiego E_F . Przemieszczenie ładunków pociąga za sobą wytworzenie skoku potencjału elektrycznego w pewnym wąskim obszarze samego złącza pn. W tym obszarze poziom Fermiego jest oddalony od pasm dozwoionych i mamy tu niemobilne jony i brak mobilnych nośników ładunku, a zatem obszar złego przewodnictwa elektrycznego!

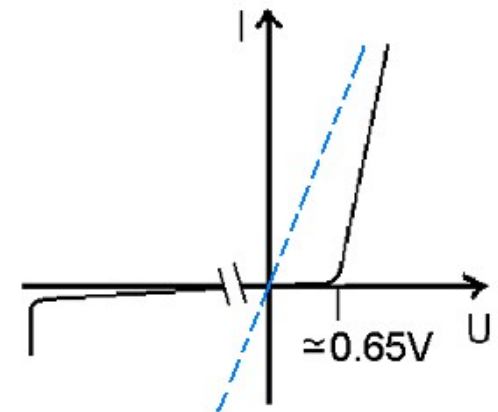
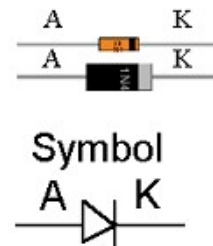
Sytuację można zmieniać przez przyłożenie z zewnątrz napięcia, które wymusi pochylenie poziomu Fermiego, a przez to zmieni szerokość obszaru złego przewodzenia.



Diody. Prostym i często spotykanym półprzewodnikowym a przy tym nieliniowym (nie omowym) elementem jest dioda czyli pojedyncze złącze p-n. W równowadze złącze p-n zawiera dyfuzyjną barierę potencjału a znikomy prąd pokonywania bariery przez nośniki większościowe jest równoważony znikomym prądem utworzonym przez nośniki mniejszościowe (nośniki mniejszościowe tworzą prąd zgodny z polem elektrycznym w barierze). Poziom Fermiego (tak jak potencjał chemiczny) jest wyrównany w całej objętości układu p-n dopóki nie przyłożymy zewnętrznego napięcia wymuszającego prąd i pewne pochYLENIA poziomu Fermiego. Zależność prądu w diodzie od napięcia przyłożonego na zaciski diody (wymuszającego pochYLENIE poziomu Fermiego, zmianę wysokości bariery i zmianę szerokości obszaru przejściowego)

ma przybliżoną postać:
gdzie: m parametr korekcyjny
(1 do 2), $U_T = k_B T / q = 0.0255V$
Linia przerywana
ilustruje złącze omowe
(kontakt omowy)

$$I = I_0(T) (e^{\frac{U}{mU_T}} - 1)$$



Dioda krzemowa

Diody działają jak „jednokierunkowe zawory” zezwalające na przepływ prądu tylko w jednym kierunku (od anody do katody). Ta cecha pozwala zamieniać prąd przemienny na prąd stały.

Diody krzemowe

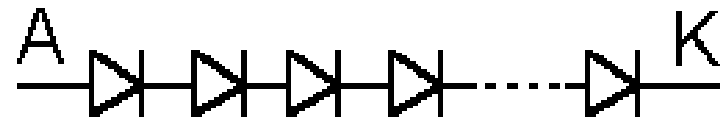


Napięcie otwarcia (początek dobrego przewodzenia)

diody krzemowej w temperaturze pokojowej wynosi

około 0,65 V (diody mocy mają napięcie progowe około 1 V). Ze względu na małą szybkość przełączania głównym obszarem zastosowania diod

krzemowych są prostowniki w zasilaczach urządzeń elektronicznych. Do prostowania (przewodzenia tylko w jednym kierunku) dużych napięć stosowane są diody wysokonapięciowe, które w istocie stanowią szeregowo połączenie określonej liczby diod (złączy pn) w jednej obudowie. Napięcie otwarcia takiej kaskady diod jest wielokrotnie większe od 0,65 V (tyle razy większe od 0,65 V ile diod znajduje się w kaskadzie).

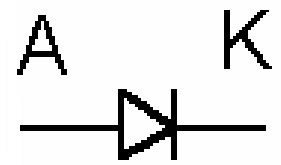


Ponieważ napięcie otwarcia diody zależy od jej temperatury, diody mogą być stosowane do pomiaru temperatury. Dla diod krzemowych $\Delta V = -2(\text{mV/K}) \times \Delta T(\text{K})$ co sprawia, że diody te stosowane są jako termometry w laboratoriach kriogenicznych pracujące w zakresie temperatur 1,8 – 400 K.

Diody germanowe nie wyszły z użycia ze względu na niski spadek napięcia – 0,3 V przy otwarciu (tj. przy polaryzacji w kierunku przewodzenia).

Dioda ogólnego zastosowania i dioda prostownicza

powinny mieć duże graniczne napięcie zaporowe (wsteczne).



Diody Schottky'ego (złącze metal-półprzewodnik) wyróżnia mały czas przełączania, rzędu 100 ps. Napięcie otwarcia około 0,3 V.



Diody Zenera (stabilistor), polaryzowane zaporowo, stosowane są do stabilizowania napięcia i polaryzowane zaporowo. Napięcia stabilizacji mogą wynosić od 2 do 200 V. Napięcie otwarcia $\approx 0,6V$.



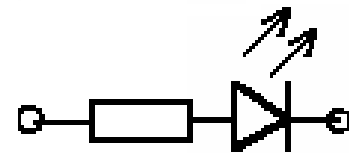
Dioda pojemnościowa (warikap, waraktor) wykazuje znaczną zmianę pojemności złącza. Pojemność maleje od kilkuset pF do kilku pF ze wzrostem napięcia wstecznego.



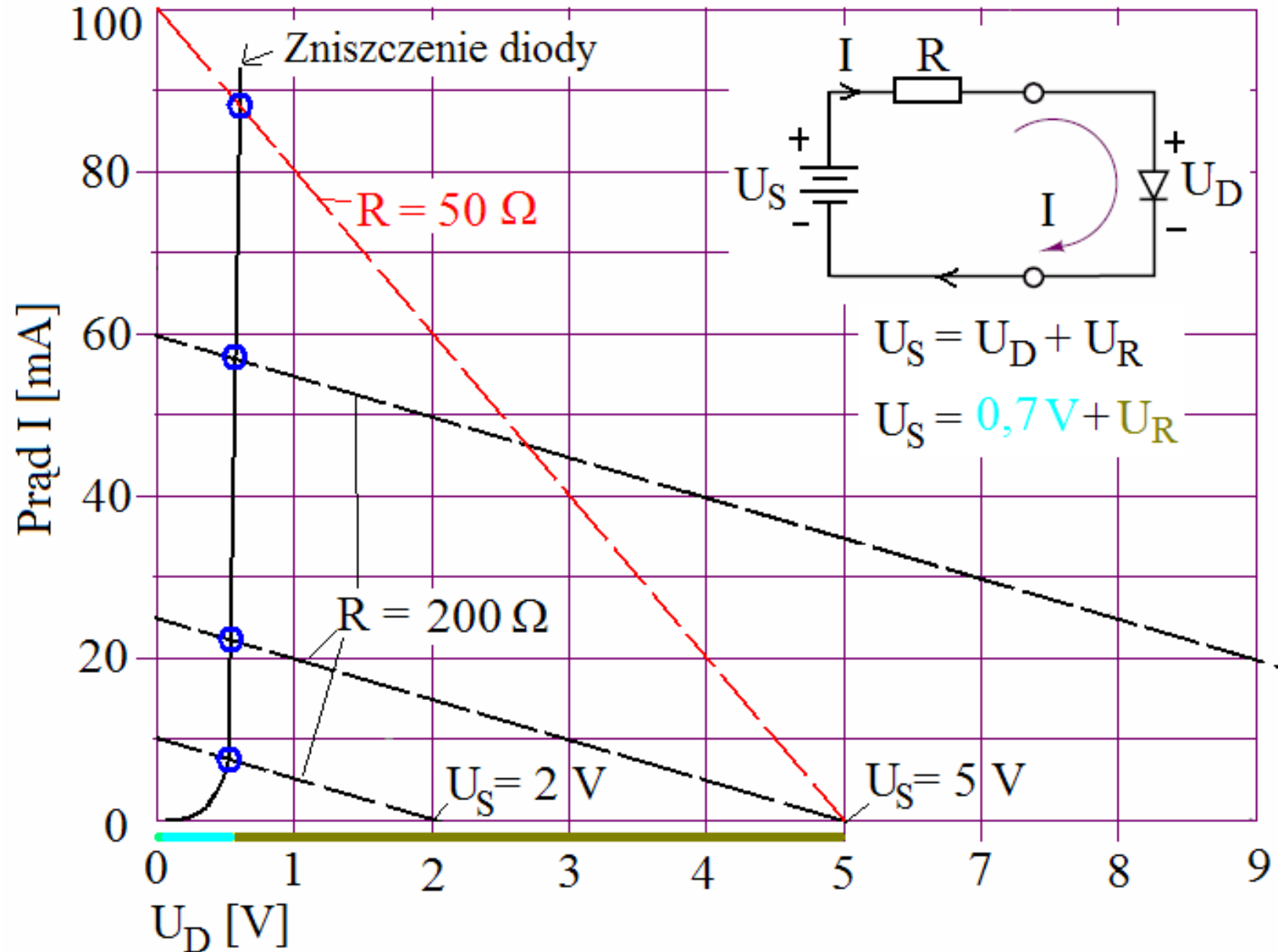
Diody świecące (LED) mając silnie domieszkowane złącza pn świecą gdy są spolaryzowane (zasilane) w kierunku przewodzenia.



Z opornikiem zabezpieczającym są uniwersalnymi detektorami napięć.



Graficznie wyznaczone natężenia prądu w układzie: źródło napięcia U_S , rezystancja R i dioda krzemowa D (otwierająca się przy około $0,6\text{ V}$ i nie przekracza $0,7\text{ V}$).



Przykład. Wyznaczyć stan przewodzenia diody krzemowej w układzie jak na rys „a”.

Rozw. Rozważmy schemat bez diody: rys. „b”.

Interesuje nas skok potencjału na zaciskach, do których zostanie podłączona dioda: $U_1 - U_2$

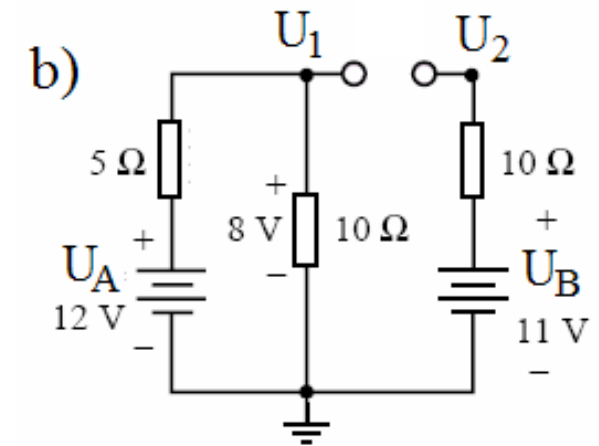
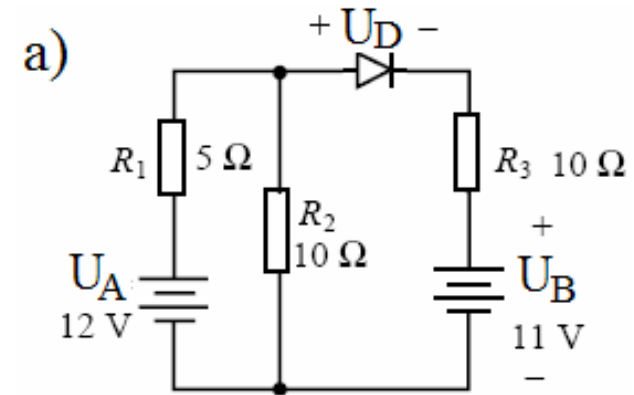
(zakładamy wstępnie, że dioda nie przewodzi i zastępujemy ją przerwą w obwodzie!).

$$U_1 = U_A R_2 / (R_1 + R_2) = (12 \text{ V}) \times 10 / (5 + 10) = 8 \text{ V}.$$

$$U_2 = 11 \text{ V}, \text{ zatem } U_1 - U_2 = 8 - 11 = -3 \text{ V} \Rightarrow$$

Wniosek: dioda nie przewodzi

(jest polaryzowana zaporowo).



Przykład. Wyznaczyć stan przewodzenia diody krzemowej w układzie jak na rys a).

Rozw. Rozważmy schemat bez diody: rys. b).

Interesuje nas skok potencjału na zaciskach, do których zostanie podłączona dioda $U_1 - U_2$

(przed podłączeniem diody!).

$$U_1 = U_A R_2 / (R_1 + R_2) = (120 \text{ V}) \times 10 / (5 + 10) = 80 \text{ V}.$$

$$U_2 = 11 \text{ V}, \text{ zatem } U_1 - U_2 = 80 - 11 = + 69 \text{ V} \Rightarrow$$

Wniosek: dioda przewodzi (jest otwarta).

Otwarta dioda pozostawi na sobie tylko 0,7 V

a nie 69 V. Aby obliczyć prądy i napięcia teraz, należy rozwiązać np. równania powstające z praw Kirchhoffa:

$$120 \text{ V} = R_1 I_{R1} + R_2 I_{R2}$$

$$120 \text{ V} - 11 \text{ V} = R_1 I_{R1} + 0,7 \text{ V} + R_3 I_D$$

$$I_{R1} = I_{R2} + I_D; \text{ po rozwiązaniu otrzymamy:}$$

$$I_{R1} = 11,415 \text{ A}, \underline{I_D = 5,1225 \text{ A}}, I_{R2} = 6,2925 \text{ A},$$

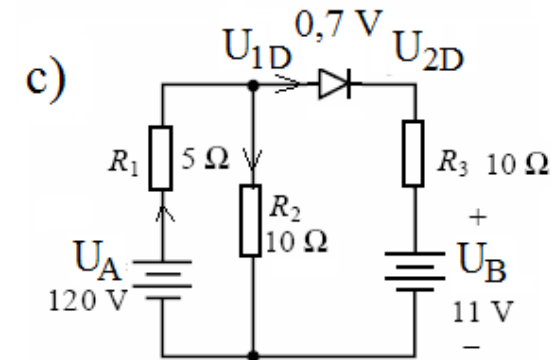
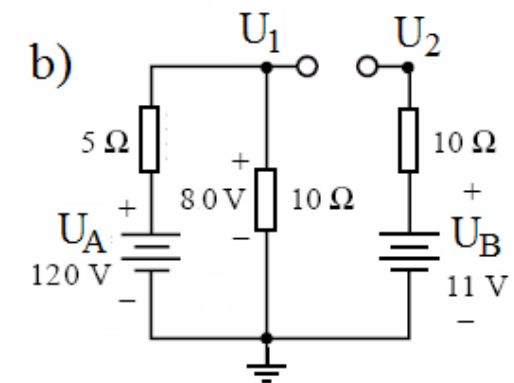
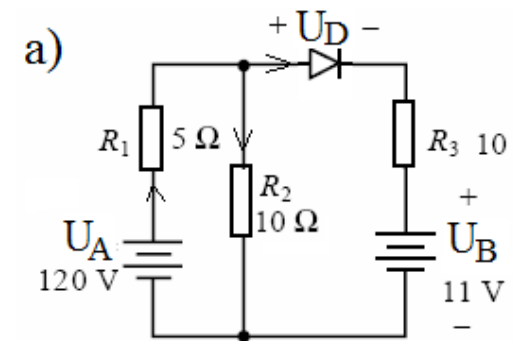
$$U_{R1} = 5 \Omega \times 11,415 \text{ A} = 57,075 \text{ V},$$

$$U_{1D} = 120 \text{ V} - 57,075 \text{ V} = 62,925 \text{ V} \Rightarrow$$

$$U_{2D} = U_1 - 0,7 \text{ V} \approx 62,23 \text{ V}.$$

Dla bardziej uproszczonej analizy można wartość

0,7 V zastąpić przez 0 V (zwarcie) gdy wiemy, że dioda otwarta.

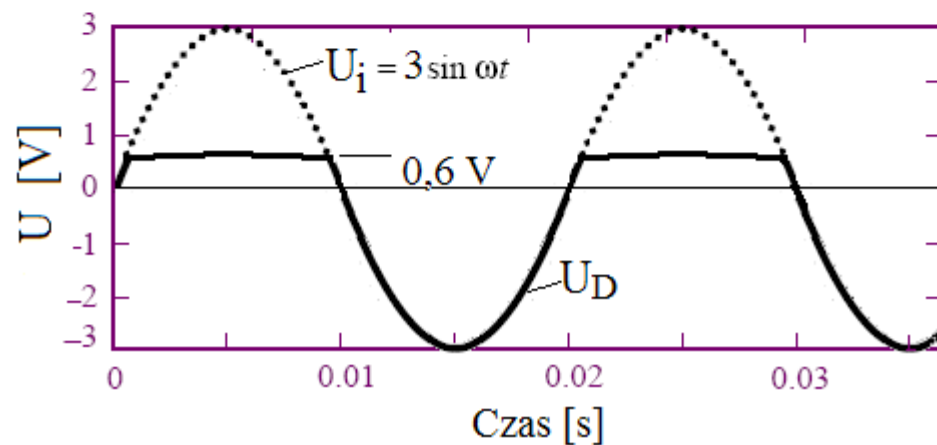
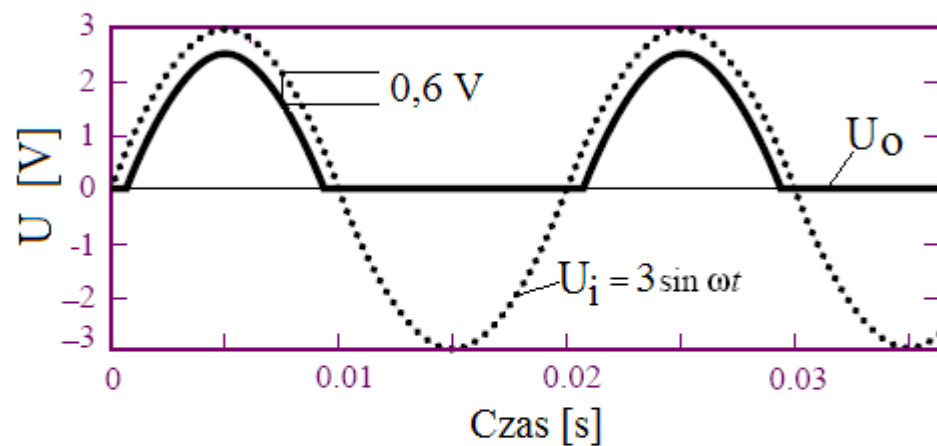
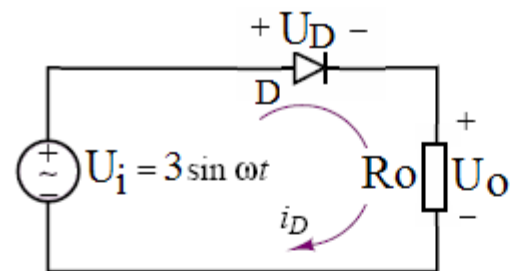


Przykład. Wyznaczyć przebieg napięcia na zaciskach obciążenia R_o (rzędu $1\text{ k}\Omega$) włączonego w obwód źródła napięcia $U_i = 3\sin\omega t$ (gdzie $\omega = 2\pi 50\text{ rad/s}$) i diody krzemowej D .

Rozw.

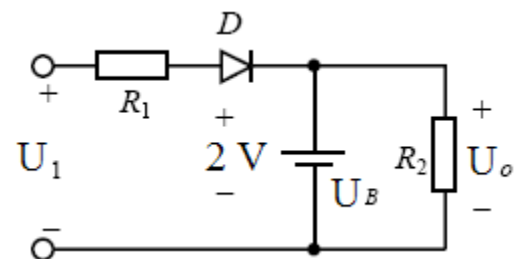
Gdy dioda jest polaryzowana w kierunku przewodzenia i jest otwarta to zostawiamy na niej około $0,6\text{ V}$ a resztę z napięcia źródła przypada na rezystancję obciążenia R_o (pomijamy wewnętrzną oporność źródła).

Gdy natomiast dioda jest polaryzowana w kierunku zaporowym to na jej zaciskach zostawiamy całe napięcie źródła bo teraz rezystancja diody jest bardzo duża i dominuje nad R_o .



Przykład. Wyznaczyć wartość napięcia U_1 przy którym dioda krzemowa D zacznie przewodzić.

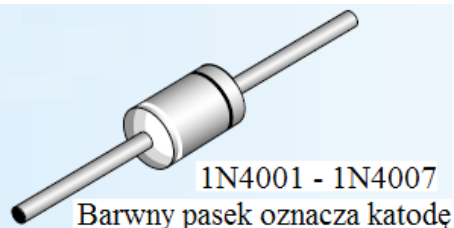
Rozw. $U_{1 \text{ przew}} = U_B + 0,6 \text{ V} = 2 \text{ V} + 0,6 \text{ V} = 2,6 \text{ V}$.



Dobór diody

Przy doborze diody do danego zastosowania należy posłużyć się jej specyfikacją (danymi technicznymi, ang, data sheet).

Znajdziemy tam tablice zawierające między innymi wielkości dopuszczalne (które nie należy przekraczać), rozmiary diody itp.

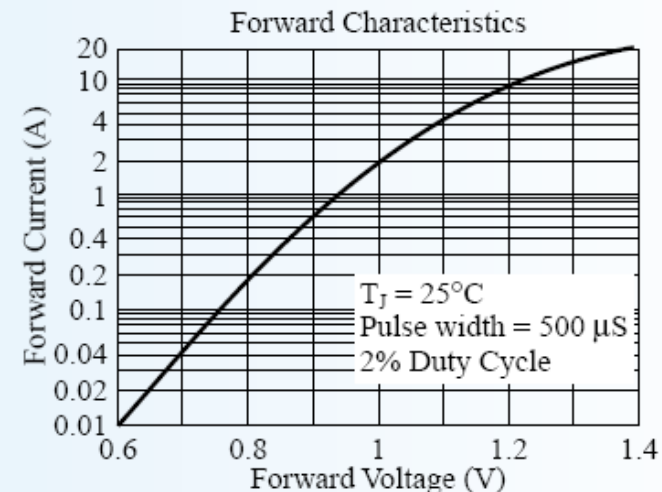
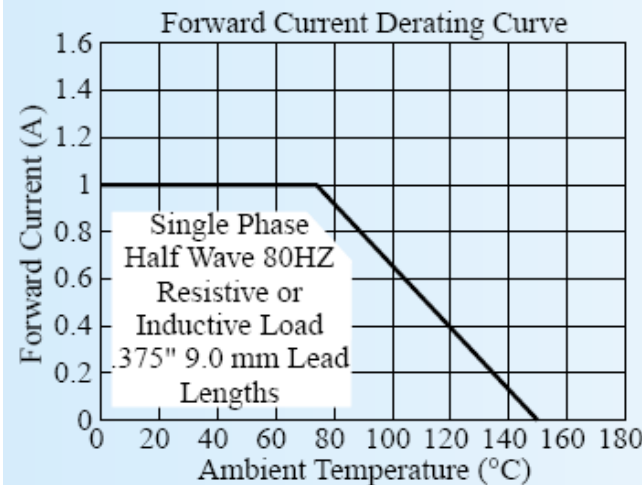


Dioda ogólnego zastosowania 1 A

Symbol	Parameter	Value	Units
I_0	Average Rectified Current .375" lead length @ $T_A = 75^\circ\text{C}$	1.0	A
$i_{t(\text{surge})}$ (jeden impuls)	Peak Forward Surge Current 8.3 ms single half-sine-wave Superimposed on rated load (JEDEC method)	30	A
P_D	Total Device Dissipation Derate above 25°C	2.5 20	W mW/ $^\circ\text{C}$
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	50	$^\circ\text{C}/\text{W}$
T_{stg}	Storage Temperature Range	-55 to +175	$^\circ\text{C}$
T_J	Operating Junction Temperature	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

$$P_{100^\circ\text{C}} = 2,5 \text{ W} - (100 - 25)^\circ\text{C} \times 0,02 \text{ W}/^\circ\text{C} = 1 \text{ W}.$$

Dobór diody dalsze parametry i charakterystyki.
Przy 100°C prąd tylko 0,6 A! =>



Parameter	Device							Units
	4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
1N4001 - 1N4007								
Peak Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	35	70	140	280	420	560	700	V
DC Reverse Voltage (Rated V_R)	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Reverse Current @ rated V_R $T_A = 25^\circ$ $T_A = 100^\circ$				5.0 500				μA μA
Maximum Forward Voltage @ 1.0 A				1.1				V
Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle $T_A = 75^\circ$				30				μA
Typical Junction Capacitance $V_R = 4.0\text{ V}$, $f = 1.0\text{ MHz}$				15				pF

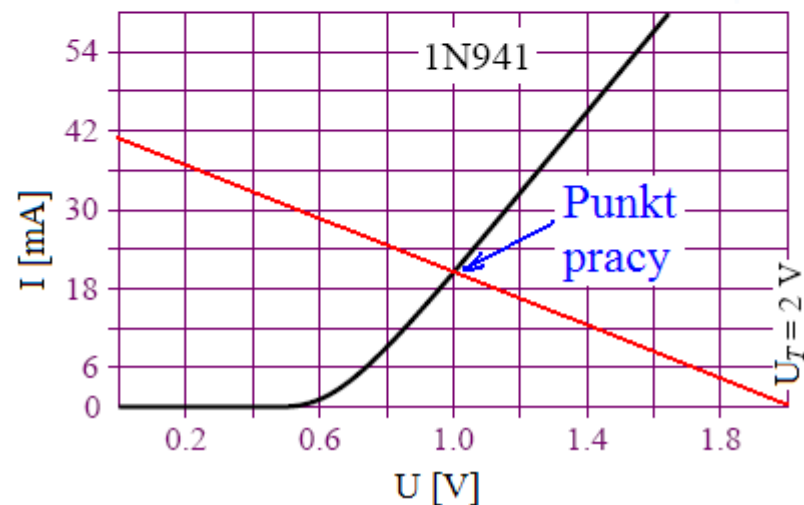
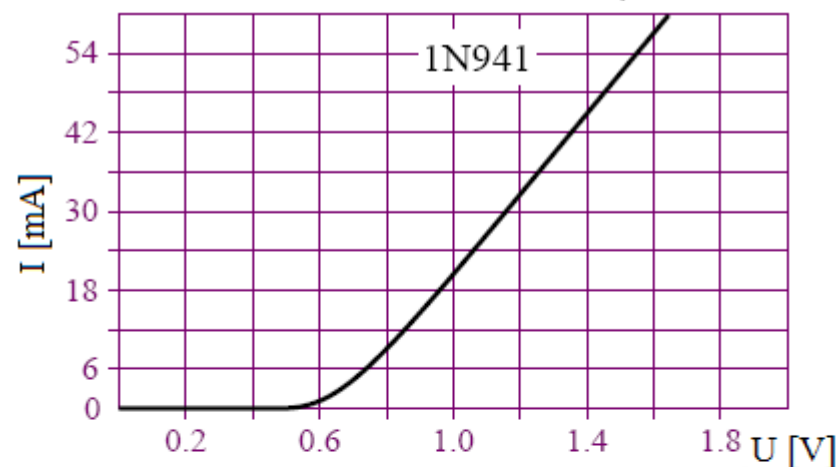
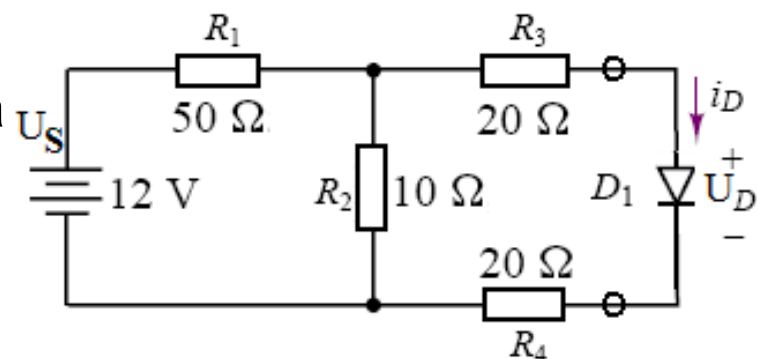
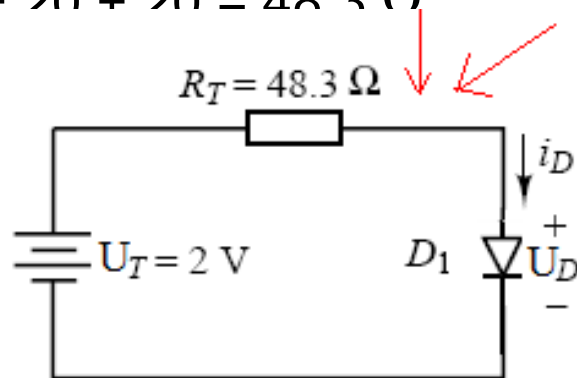
Przykład. Wyznaczyć punkt pracy diody 1N941 w podanym układzie oraz moc traconą przez baterię 12 V.

Rozw. Wyznaczamy układ zastępczy Thevenina

$$U_T = U_S R_2 / (R_1 + R_2) = 12 \times 10 / (50 + 10) = 2 \text{ V}$$

$$R_T = (R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2) + R_3 + R_4 =$$

$$10 \times 50 / (10 + 50) + 20 + 20 = 48,3 \Omega$$



Aby wrysować linię obciążenia 48,3 Ω

Wybieramy dwa punkty: ($U = 0 \text{ V}$,

$I = (2 \text{ V}) / (48,3 \Omega)$) i ($U = 2 \text{ V}$, $I = 0 \text{ A}$). Punkt pracy Pp dany jest przez: $U = 1 \text{ V}$, $I = 20 \text{ mA}$.

$$U_{R2} = I_{Pp} \times (R_3 + R_4) + U_{Pp} = 0,02 \times 40 + 1 = 1,8 \text{ V}$$

$$I_B = I_{R2} + I_D = (1,8 \text{ V}) / (10 \Omega) + 0,02 \text{ A} = 0,182 \text{ A}$$

$$\text{Moc } P_B = U_B \times I_B = 12 \text{ V} \times (0,182 \text{ A} + 0,02 \text{ A}) =$$

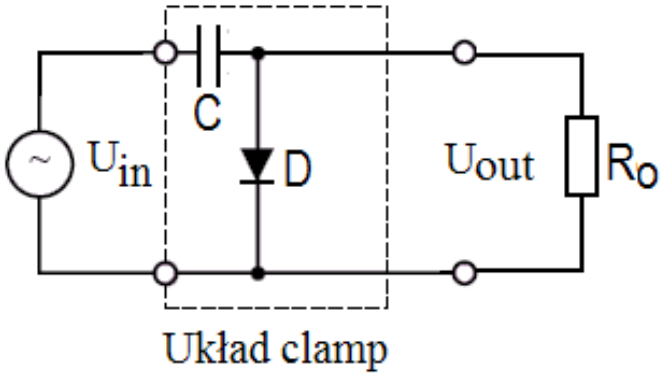
$$\underline{2,424 \text{ W}}$$

Układy z diodami prostowniczymi

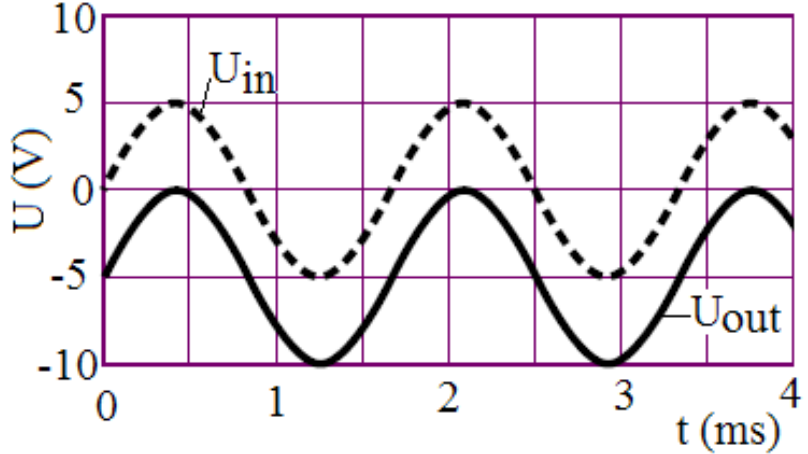
Układy clamp. W układach clamp kondensator C efektywnie ładuje się poprzez diodę i nieefektywnie przeladowuje przez impedancję R_o przy: $R_o C \gg T$.

Zależnie od podłączenia diody $U_{out} \cong U_{in} \pm$ amplituda U_{in} .

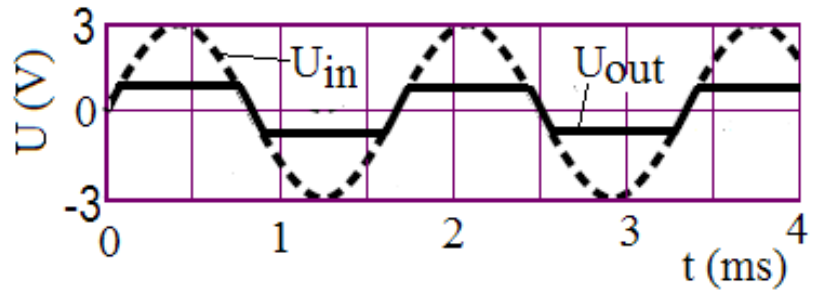
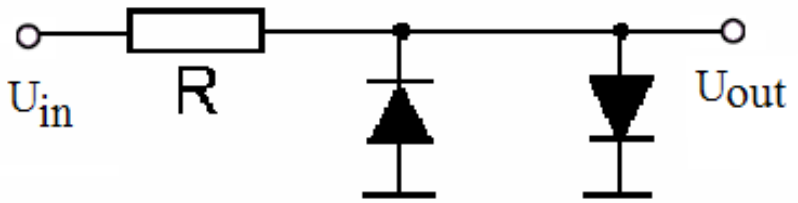
Układ clamp



$$U_{out}(t) = U_{in}(t) - U_{pik}$$

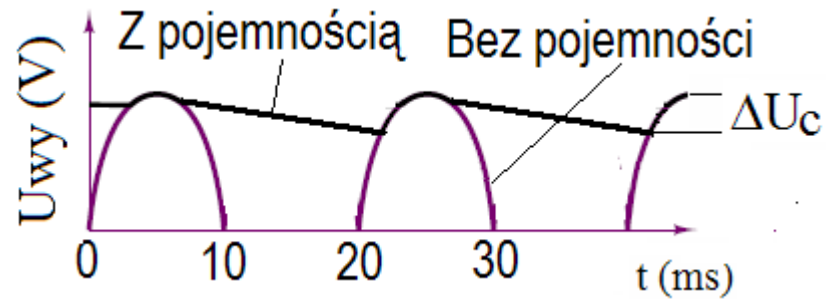
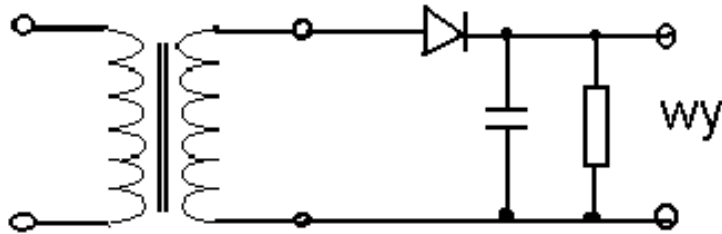


Ogranicznik amplitudy



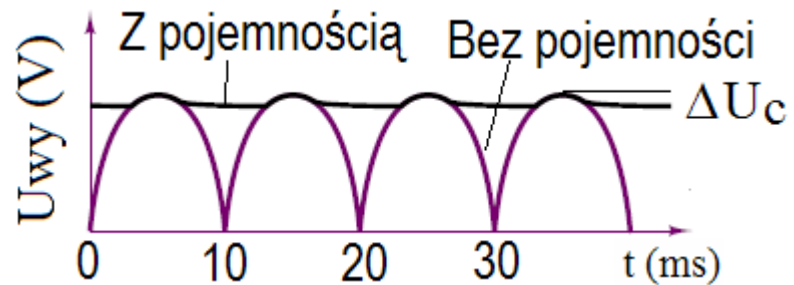
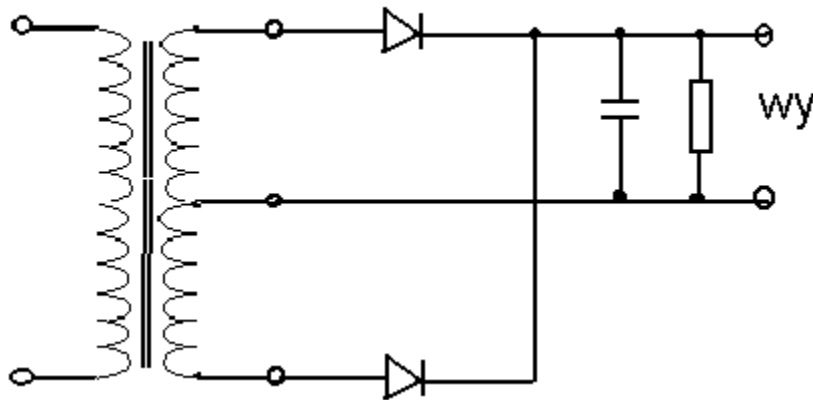
Układy z diodami prostowniczymi

Prostownik jedno-połówkowy



$$\Delta U_c = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{I \Delta t}{C} = \frac{I}{f C}$$

Prostownik dwu-połówkowy

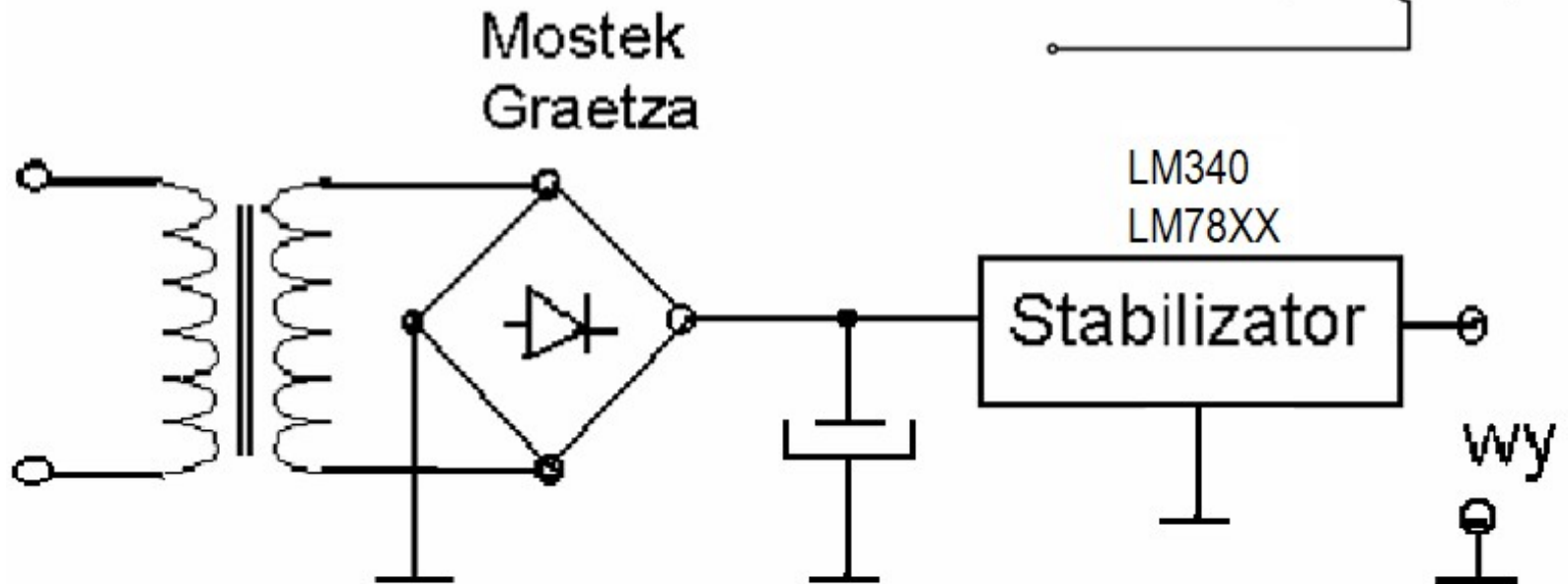


$$\Delta U_c = \frac{I}{2f C}$$

Dlaczego stosujemy przetwornice zwiększające częstotliwość f ?

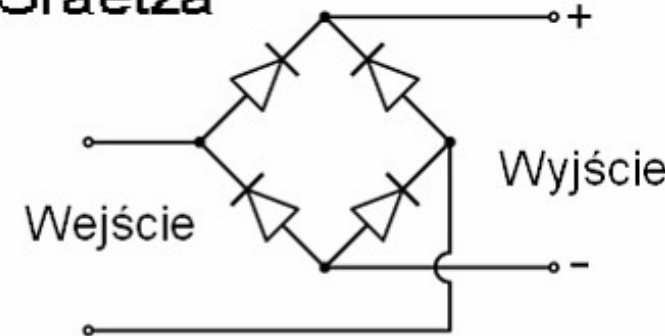
Zasilacz napięcia stałego

(trafo – układ Graetza, regulator i stabilizator)



Prostownik

Mostek
Graetza



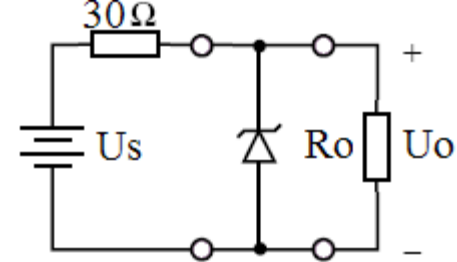
Zasilanie w postaci zasilacza sieciowego lub baterii (akumulatora) jest podzespołem, który znajduje się w niemal każdym urządzeniu elektrycznym i elektronicznym – ożywia go.

Przykład. Obliczyć dopuszczalny zakres rezystancji

Obciążenia stabilizatora napięcia z diodą Zenera jak na rys.

Wiedząc, że dopuszczalna moc diody zenera na $U_Z = 14\text{ V}$

wynosi 5 W a napięcie źródła $U_S = 50\text{ V}$. ($R_{\text{źródła}} = 30\ \Omega$).



Rozw. Najmniejszą wartość R_o znajdujemy z założenia,

że cały prąd ze źródła płynie przez obciążenie (prawie nic przez diodę)

i mamy jeszcze 14 V na zaciskach R_o :

$$R_{o_{\text{miń}}} = U_Z / I_S = U_Z / [(U_S - U_Z) / 30] = 14 / (36 / 30) = \underline{11,7\ \Omega}$$

Dla tej wartości moc w diodzie zenera nie jest wydzielana $I_{DZ} = 0$.

Maksymalną wartość R_o znajdziemy z założenia, że w diodzie Zenera wydzielą się maksymalna dopuszczalna moc 5 W . Wtedy prąd diody Zenera

$$I_{z_{\text{max}}} = P_Z / U_Z = 5 / 14 = 0,357\text{ A. Prąd jaki daje źródło przy}$$

napięciu 14 V na rezystancji obciążenia wynosi:

$$I_S = (U_S - U_Z) / 30 = (50 - 14) / 30 = 36 / 30 = 1,2\text{ A.}$$

$$R_{o_{\text{max}}} = U_Z / I_{R_{o_{\text{miń}}}} = 14 / (I_S - I_{z_{\text{max}}}) = 14 / (1,2 - 0,357) = \underline{16,6\ \Omega}$$

$$\underline{11,7\ \Omega < R_o < 16,6\ \Omega.}$$

Komentarz. Warto podkreślić, że ten stabilizator nie może pracować bez obciążenia!

Przykład. Obliczyć amplitudę tętnień $U_{o\text{ripple}}$ na obciążeniu

$R_o = 150 \Omega$ wiedząc, że napięcie źródła

$U_{\text{źródła}} = U_S + U_{\text{ripple}} = 14 \text{ V} \pm 1 \text{ V}$, $U_Z = 8 \text{ V}$, $r_Z = 5 \Omega$,

rezystancja źródła $R_S = 30 \Omega$. Zastosować przybliżenie liniowe dla składowej zmiennej.

Rozw. Rozważymy osobno składowe stałe i składowe zmienne napięć poprzez odpowiednie **obwody zastępcze jak na rys.**

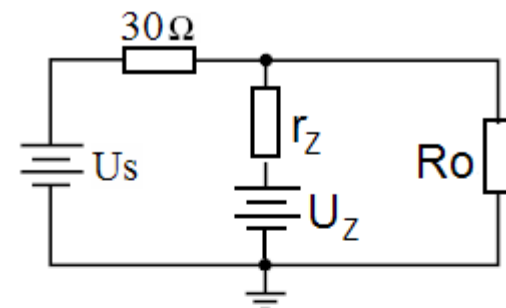
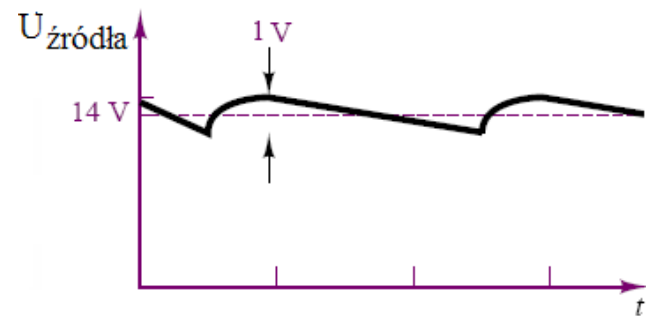
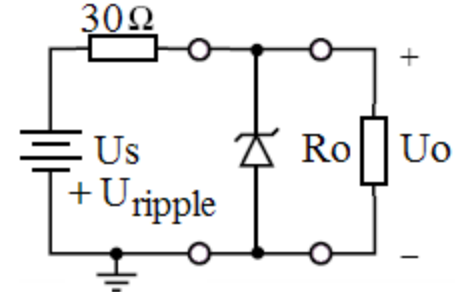
Dla składowych stałych mamy (z zasady superpozycji):

$$U_o = U_S(r_Z \parallel R_o)/(r_Z \parallel R_o + R_S) + U_Z(R_S \parallel R_o)/(R_S \parallel R_o + r_Z) = 14 \times 4,84/(4,84 + 30) + 8 \times 25/(25 + 5) = 1,94 + 6,67 = 8,6 \text{ V}$$

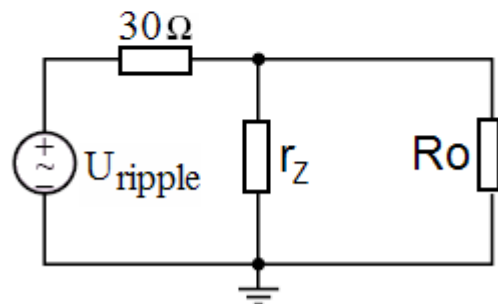
$$U_{o\text{ripple}} = U_{\text{ripple}}(r_Z \parallel R_o)/(r_Z \parallel R_o + R_S) = 1 \times 4,84/(4,84 + 30) = \underline{0,14 \text{ V}}$$

Komentarz. Widać, że rezystancja dynamiczna diody Zenera r_Z powinna być znacznie mniejsza od R_S i R_o aby stabilizacja była efektywna (małe „ripple”).

W praktyce raczej się to nie udaje, ale są inne rozwiązania.

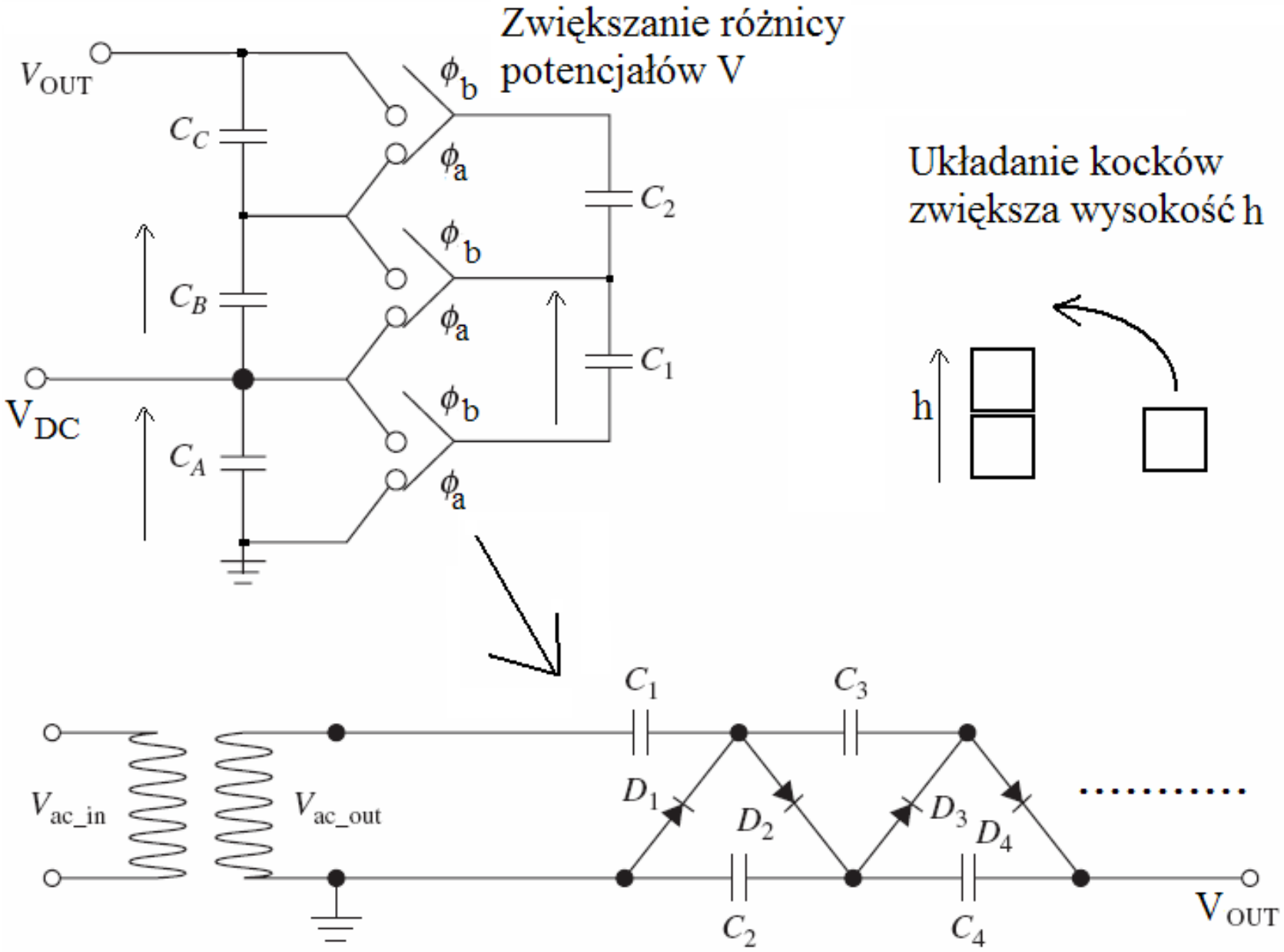


Obwód zastępczy dla składowych stałych



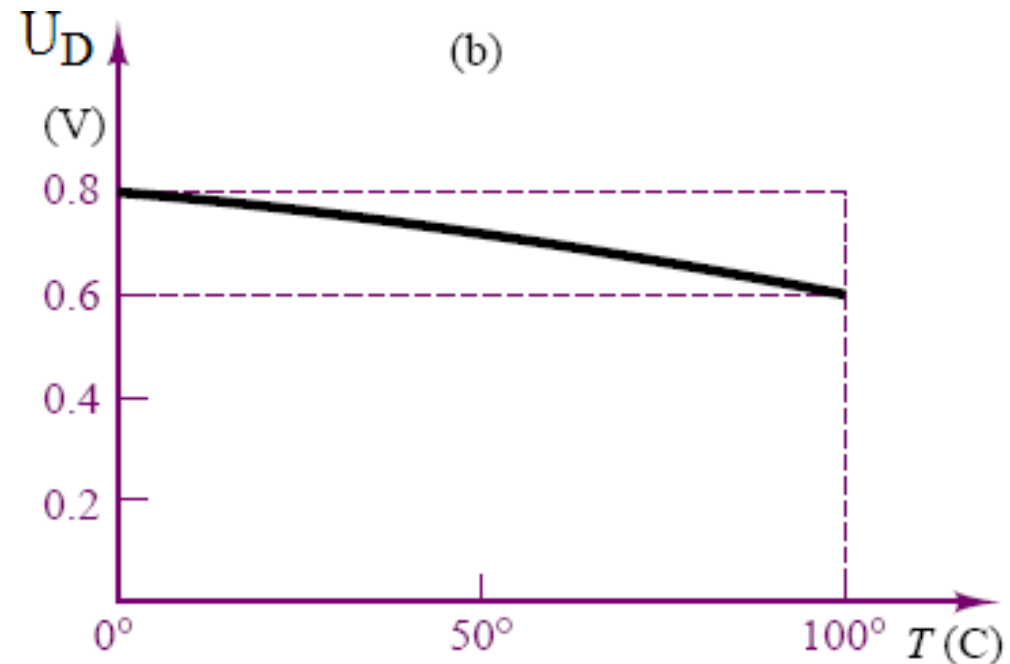
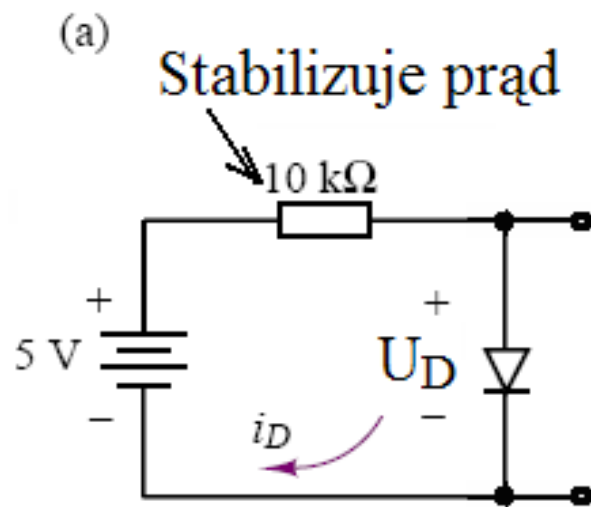
Obwód zastępczy dla składowych zmiennych

Powielacz napięcia



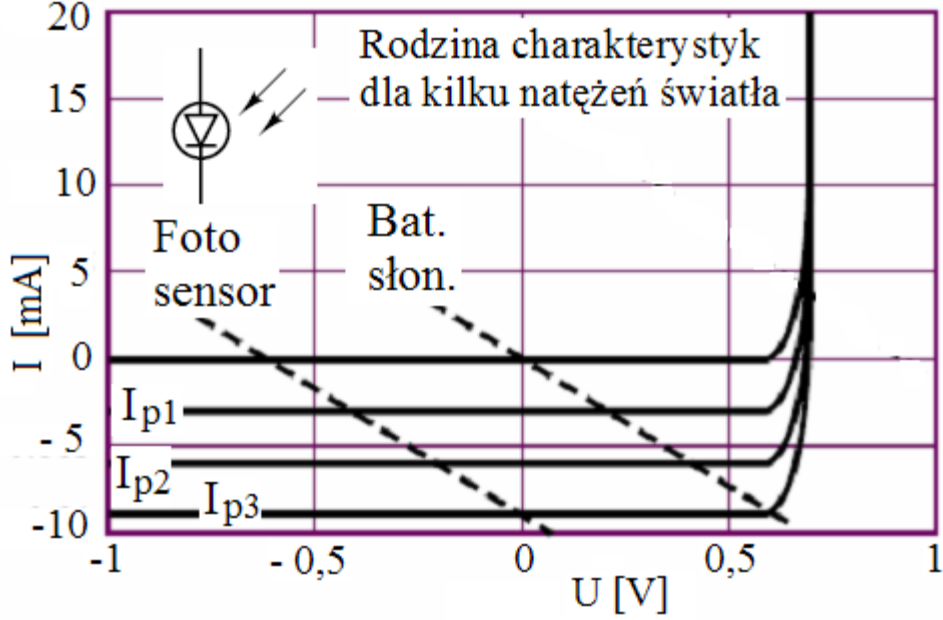
Prosty termometr diodowy

Sygnalem informującym o temperaturze jest spadek napięcia na diodzie U_D przy stałym natężeniu prądu przewodzącej diody.



Fotodiody.

Przy odpowiedniej konstrukcji diody (przezroczysty element obudowy) możliwy jest wykorzystanie wrażliwości złącza pn na światło. Takie diody nazywamy fotodiodami. Kwanty światła docierając do złącza pn mogą generować pary elektron-dziura w procesie fotojonizacji. Dioda jest polaryzowana zaporowo a jej prąd jest sumą: $-(I_o + I_{photo})$.



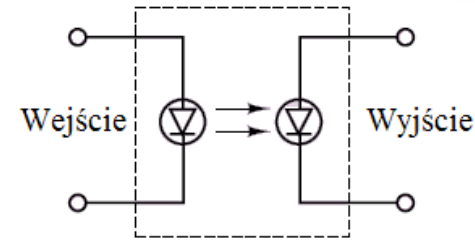
Diody świecące LED.

Polaryzując w kierunku przewodzenia złącze pn wykonane z odpowiedniego materiału uzyskujemy efektywne świecenie, zamianę energii elektrycznej na światło. Napięcie polaryzacji wynosi 1,2 do 2 V (prądy 20 – 100 mA).

GaAs	Zn	900 nm
GaAs	Si	910–1,020 nm
GaP	N	570 nm
GaP	N	590 nm
GaP	Zn, O	700 nm
GaAs _{0.6} P _{0.4}		650 nm
GaAs _{0.35} P _{0.65}	N	632 nm
GaAs _{0.15} P _{0.85}	N	589 nm

Obudowana para: LED – Fotodioda

jest nazywana opto-izolatorem lub transoptorem (opto-coupler)



Przy pomocy transoptorów można sprzęgać obwody elektryczne znajdujące się na różnych piedestałach napięciowych.

Przykładowo można z ich pomocą przekazywać sygnał między komputerem (uziemionym) a urządzeniem znajdującym się na wysokim względem „ziemi” potencjale elektrycznym. Ze względu na nieliniowość charakterystyki (i-v) diody bardziej nadają się do komunikacji cyfrowej niż analogowej.

Dioda Laserowa (LD). Diody z akcją laserową zapewniają widmo o wąskim przedziale długości fali. Osiągane są wydajności 50% i moce około 10^2 W (fali ciągłej). Częstotliwość modulacji sygnału poprzez modulację prądu sięga wartości do kilku GHz. Olbrzymie zastosowanie (telekomunikacja-układy światłowodowe, medycyna, CD-ROM, DVD, HD, TV, drukarki itp.)

Przykład. Dla układu (rys.) z diodą LED o parametrach $U_{LED} = 1,7 \text{ V}$, $I_{LED} = 40 \text{ mA}$ wyznacz: a) pobór mocy przez diodę, b) wartość rezystancji R , c) moc pobieraną ze źródła napięcia.

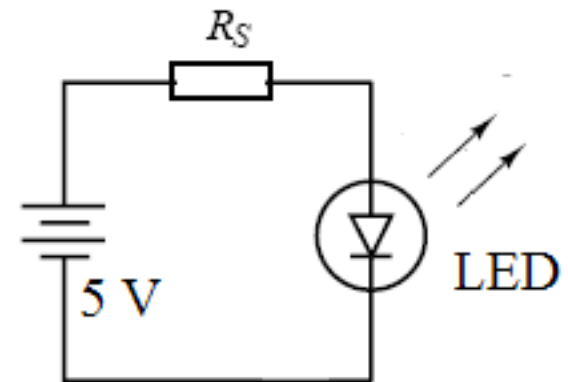
Moc pobierana przez diodę $P = U_{LED} \times I_{LED} = 1,7 \times 0,04 = 68 \text{ mW}$.

Wartość rezystancji musi spełniać bilans napięć:

$$U_S = I_{LED} R + U_{LED} \Rightarrow R = (U_S - U_{LED}) / I_{LED} = (5 - 1,7) / 0,04 = 82,5 \Omega.$$

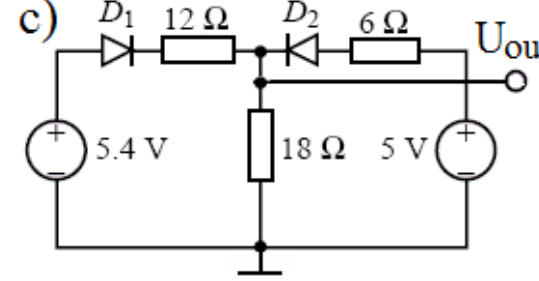
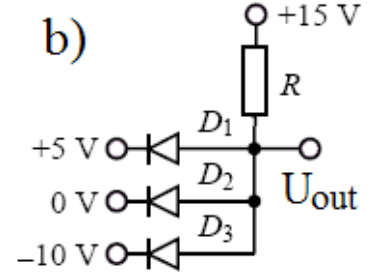
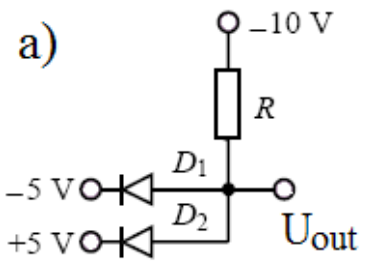
Moc oddawana z baterii 5 V wynosi:

$$P_{bat} = U_S I_{LED} = 5 \times 0,04 = 0,2 \text{ W}.$$

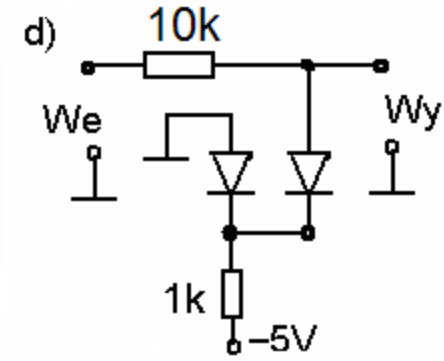
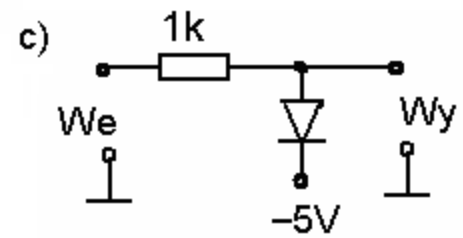
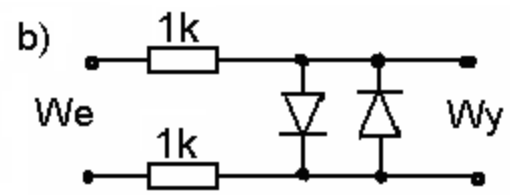
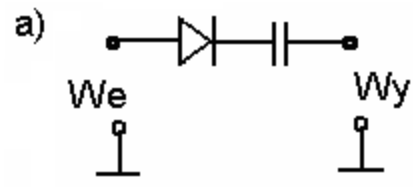


Elektrotechnika i elektronika lista 9

1. Pokazać, które diody przewodzą prąd i wyznaczyć napięcie U_{out} *



2. Narysować U_{wy} gdy $U_{we} = 5\sin(\omega t)\text{ V}$.



3. Dobierz kondensator C tak aby pulsacja napięcia na odbiorniku $R=1\text{ k}\ \Omega$ wynosiła nie więcej niż 1%.

