

---

# **PODSTAWY ELEKTROTECHNIKI**

## **część 6**

# **ELEMENTY ELEKTRONICZNE**

# TRANSFORMATORY SIECIOWE



## Cechy charakterystyczne:

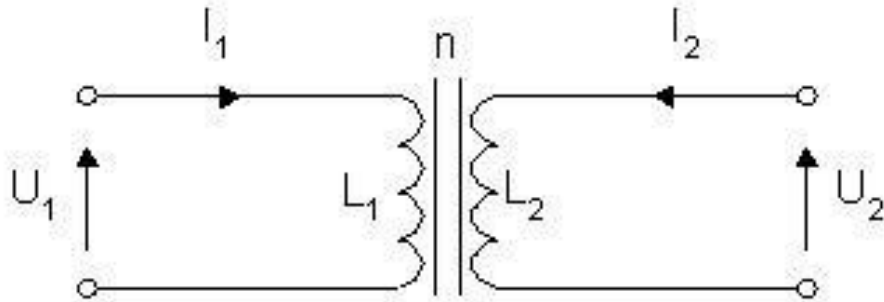
- przenoszenie mocy przy dużej sprawności
- praca przy małych częstotliwościach (50Hz, 60Hz, 400Hz)
- duże zniekształcenia nieliniowe

## Podział wynika głównie z budowy transformatora:

- z rdzeniami płaszczykowymi: EL, M, 2F, 2L, UI
- z rdzeniem toroidalnym

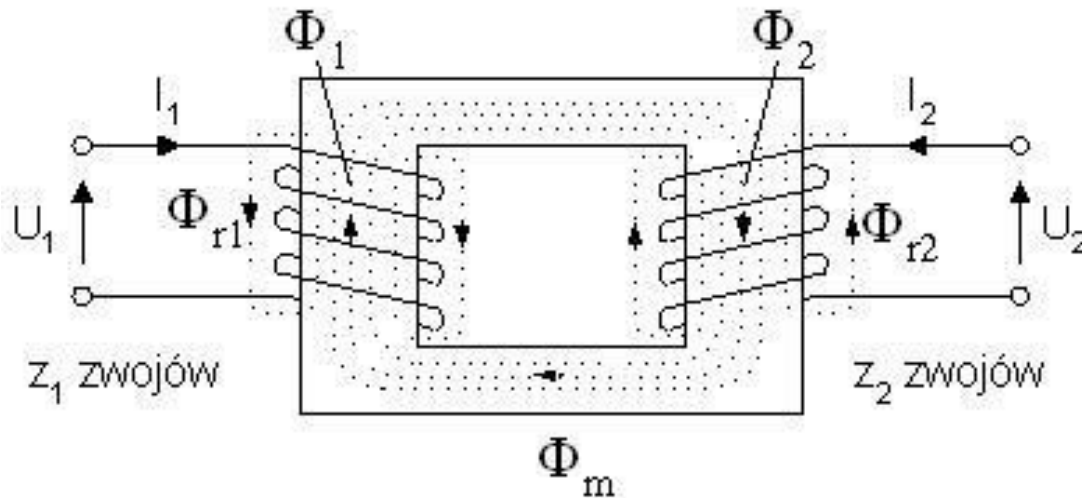
## Parametry:

- moc
- znamionowe napięcie wejściowe (np. 230V  $\pm 10\%$ )
- częstotliwość pracy
- znamionowe napięcie i prąd uzwojenia wtórnego
- prąd biegu jałowego
- napięcie izolacji
- ciężar, wymiary
- dopuszczalna temperatura pracy



**Przekładnia transformatora:**

$$n = \frac{z_1}{z_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$



Dla transformatora powietrznego:

$$n = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$$

## Napięcia transformatora:

$$U_1 = I_1 R_1 + z_1 \frac{d\Phi_1}{dt} = I_1 R_1 + z_1 \frac{d\Phi_m}{dt} + z_1 \frac{d\Phi_{r1}}{dt} = I_1 R_1 + z_1 \frac{d\Phi_m}{dt} + L_{r1} \frac{dI_1}{dt}$$

$$U_2 = I_2 R_2 + z_2 \frac{d\Phi_2}{dt} = I_2 R_2 + z_2 \frac{d\Phi_m}{dt} + z_2 \frac{d\Phi_{r2}}{dt} = I_2 R_2 + z_2 \frac{d\Phi_m}{dt} + L_{r2} \frac{dI_2}{dt}$$

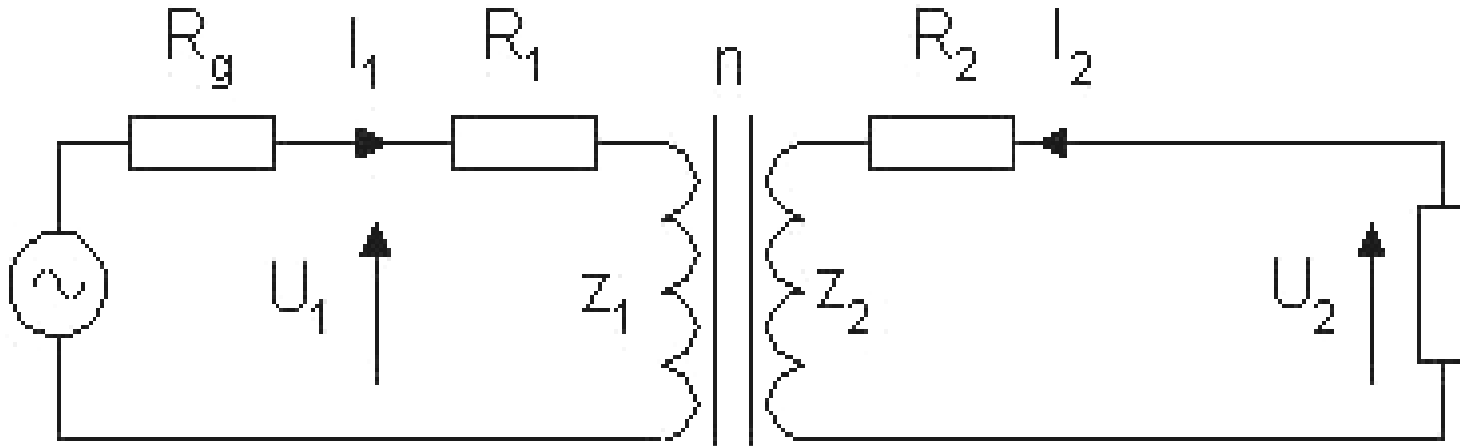
gdzie:

Strumień magnesujący - 
$$\Phi_m = \frac{MI_1}{z_2} + \frac{MI_2}{z_1}$$

Indukcyjność wzajemna (przypadek idealny) - 
$$M_{\max} = \sqrt{L_1 L_2}$$

Współczynnik sprzężenia - 
$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

Niestety występują straty: rozproszenie, ciepło, nasycenie rdzenia, prądy wirowe.



**Moc transformatora:**

$$P_{tr} = \frac{1}{2} (I_{1sk} U_{1sk} + I_{2sk} U_{2sk}) \quad [\text{VA}]$$

**Rezystancja wyjściowa:**

$$r_{wy} = \frac{R_g + R_1}{n^2} + R_2$$

Występuje także pasożytnicza pojemność pomiędzy uzwojeniami !!!

## MOC TRANSFORMATORA A PRZEKRÓJ POPRZECZNY RDZENIA

$$S = \sqrt{\frac{185 U_2 I_2}{f B_{\max} J}}$$

gdzie:

$J$  - jest dopuszczalną gęstością prądu w uzwojeniu wtórnym transformatora, zależną od wytrzymałości termicznej emalii izolującej przewód, warunków chłodzenia i średnicy przewodu:

$$d_2 = 1.13 \sqrt{\frac{I_2}{J}}$$

S[cm <sup>2</sup> ]	P[W]	Blacha/Rdzeń	B <sub>max</sub> [T]
$S \approx 1,25 \cdot \sqrt{P_{tr}}$		Blacha gorącowalcowana Rdzeń EI	1T
$S \approx 1,1 \cdot \sqrt{P_{tr}}$		Blacha zimnowalcowana Rdzeń EI	1.1T
$S \approx \sqrt{P_{tr}}$		Blacha zimnowalcowana Rdzeń zwijany	1.5T
$S \approx 0.8 \cdot \sqrt{P_{tr}}$		Blacha zimnowalcowana Rdzeń toroidalny	1.6T

## Napięcie na zwój

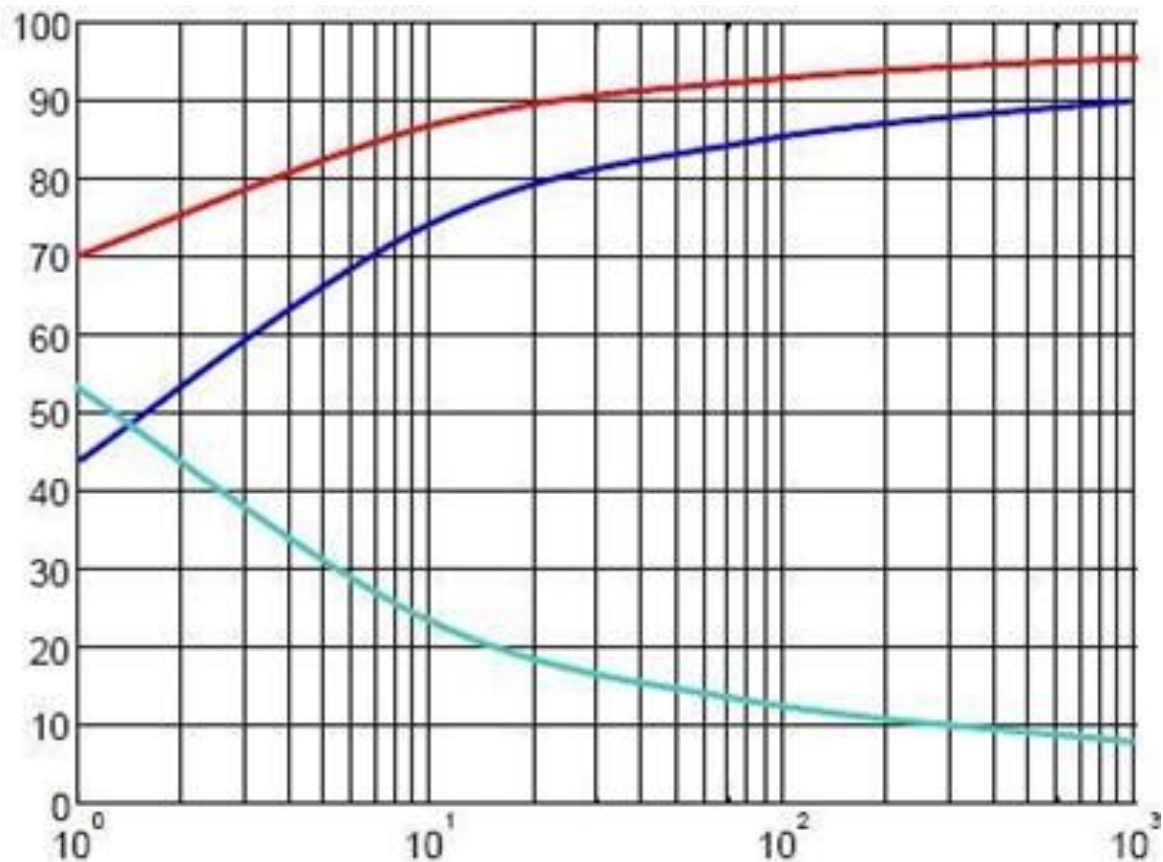
$$\frac{U}{z} = \sqrt{2\pi f} B_{\max} S$$

Spadek napięcia na rezystancjach uzwojeń - korekcja liczby zwojów:

$$z_1 = z_1' \left( 1 - \frac{\Delta U}{U} \right) U_1 \qquad z_2 = z_2' \left( 1 - \frac{\Delta U}{U} \right) U_2$$

moc transformatora	[VA]	10	25	100	250
względny spadek napięcia	[%]	12	9	5	3

## MOC ZNAMIONOWA [VA]



$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{U_{2sk} I_{2sk}}{U_{1sk} I_{1sk}} \cdot 100\%$$

Prąd jałowy – prąd pobierany przez nieobciążony transformator:

$$I_{jr} = \sqrt{I_m^2 + I^2}$$

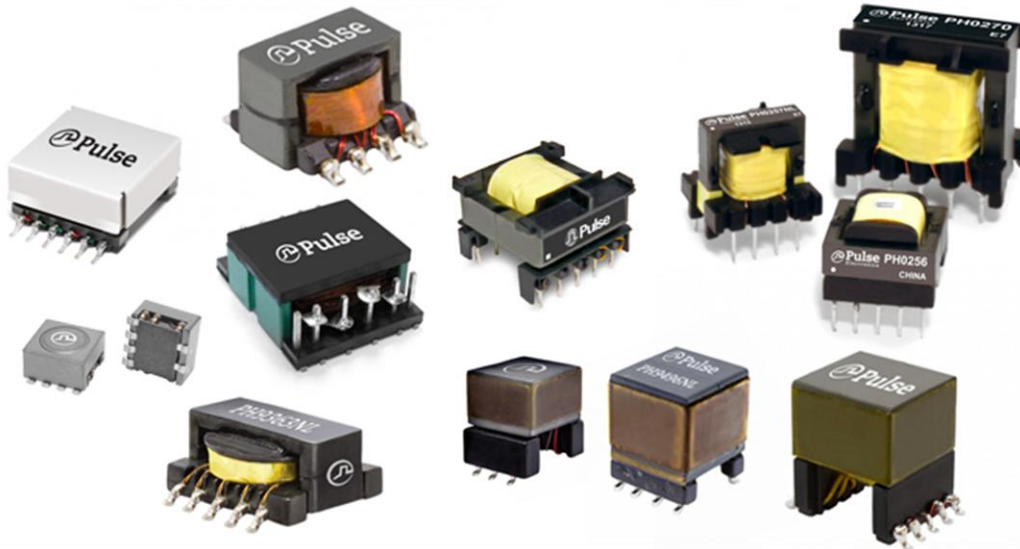
$I_r$  – straty energii w rdzeniu i rezystancji uzwojenia pierwotnego

$I_m$  – straty energii w indukcyjności głównej transformatora

moc transformatora	[VA]	10	25	100	250
prąd jałowy przy $U_1 = 230 \text{ V}$	[mA]	10÷14	20÷30	60÷85	120÷150

Wpływ temperatury: w uzwojeniach i rdzeniu wydziela się ciepło. Dlatego w oznaczeniu transformatora podaje się jego klasę cieplną – maksymalną dopuszczalną temperaturę izolacji przewodów:

Klasa cieplna	Średnia dopuszczalna temp. izolacji w °C	Maksymalna dopuszczalna temp. izolacji w °C
A	100	105
E	115	120
B	120	130
F	140	150



- Podaje się także temperaturę otoczenia, dla której możemy w sposób ciągły pobierać z transformatora charakteryzującą go moc znamionową.
- Przykładowe oznaczenie: TS 20/10 ta40B oznacza transformator sieciowy o mocy 20 [VA], 10 wersję, klasy cieplnej B dla temperatury otoczenia 40°C.
- Gdy temperatura otoczenia, w której będzie pracował transformator będzie większa od podanej należy zmniejszyć znamionową moc pobieraną z transformatora !!!!
- Przykładowa korekcja wartości mocy znamionowej dla transformatorów klasy cieplnej B

T <sub>a</sub>	50 ° C	60 ° C	70 ° C	80 ° C
25B	76%	66%	57%	47%
40B	88%	77%	66%	55%
60B	X	X	85%	71%
70B	X	X	X	83%

## Transformatory z rdzeniami płaszczyzowymi w porównaniu do toroidalnych:

- a) mają większe rozmiary od toroidalnego dla tej samej mocy
- b) mają mniejszą wartość indukcji maksymalnej
- c) mają większe straty biegu jałowego
- d) mają większe straty na rozproszenie – zakłócenia (np. sprzęt audio)
- e) są łatwiejsze w wykonaniu – niższa cena



## BEZPIECZNIKI

Bezpiecznik – element zabezpieczający układ elektroniczny (elektryczny) przed uszkodzeniem spowodowanym przepływem długotrwałego prądu o określonej wartości.



Bezpieczniki samochodowe



Bezpieczniki topikowe stosowane w aparaturze elektronicznej



Bezpieczniki półprzewodnikowe stosowane w aparaturze elektronicznej



## BEZPIECZNIKI - PARAMETRY

**Napięcie znamionowe** – największe napięcie (stałe lub zmienne) dla którego można stosować dany bezpiecznik

**Prąd znamionowy** – prąd (roboczy), dla którego przystosowany jest bezpiecznik. Jest mniejszy od maksymalnego prądu, który nie powoduje zadziałania bezpiecznika.

**Zdolność łączenia** – najwyższa wartość prądu, który może być przerwany przez bezpiecznik, przy danym napięciu, bez ryzyka wystąpienia przebicia lub stopienia obudowy

**Prąd zadziałania  $I_N$**  – minimalna wartość prądu powodująca zadziałanie bezpiecznika (przerwanie obwodu)

**Charakterystyka zadziałania** – opisuje zależność pomiędzy szybkością zadziałania bezpiecznika a wartością prądu

- **bezpieczniki szybkie** – krótkim czasie zadziałania, stosowane w układach gdzie przekroczenie prądu maksymalnego może uszkodzić układ

- **bezpieczniki zwłoczne** – zadziałanie bezpiecznika następuje po przepływie prądu większego/równego prądowi zadziałania przez określony czas; stosowane w układach gdzie występuje tzw. prądy rozruchowe, dużo większe od prądu pobieranego przez układy podczas pracy normalnej

Oznaczenia:

**FF** – bardzo szybkie – zabezpieczają układy zawierające elementy półprzewodnikowe przed zwarciami

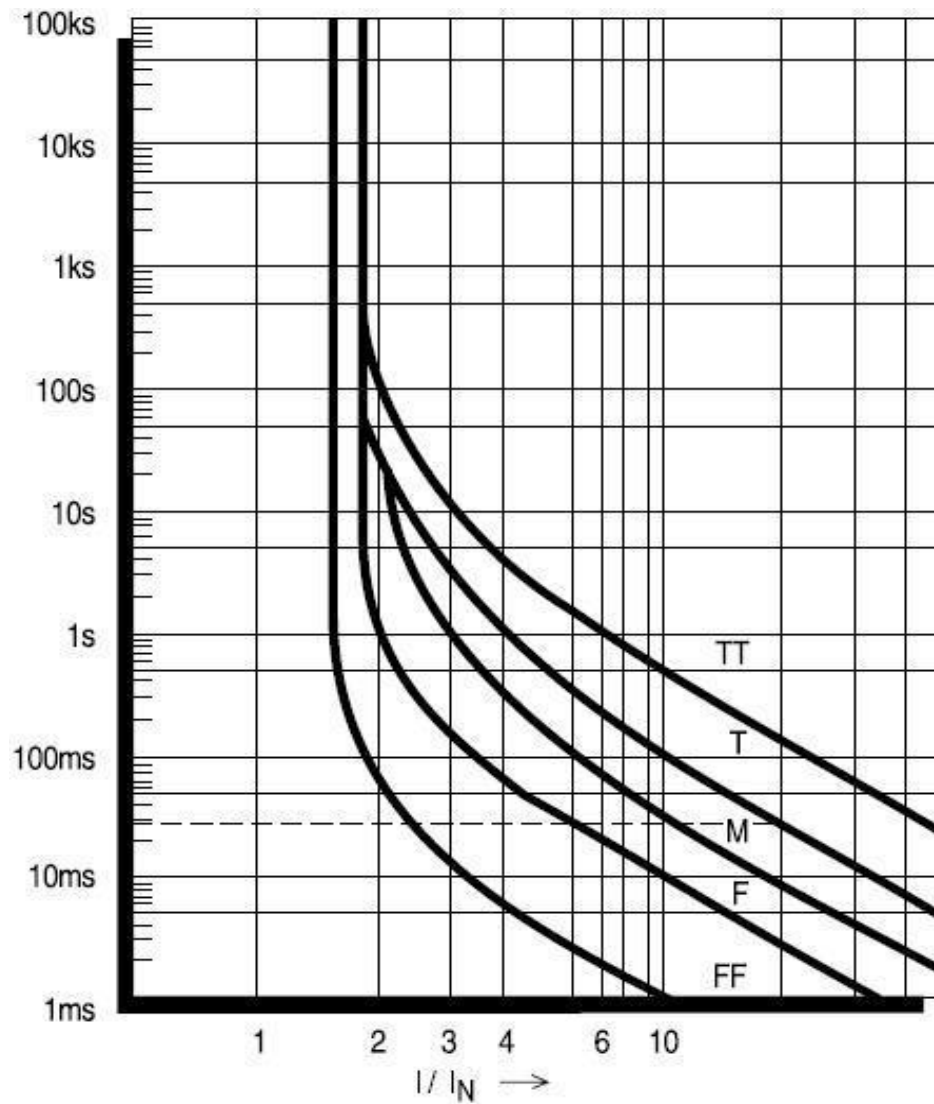
**F** – szybkie – stosowane w układach, w których nie występują nagłe skoki napięcia lub jako bezpieczniki główne

**M** – o średnim opóźnieniu zadziałania – używane w układach niskonapięciowych i niskoprądowych

**T** – o opóźnionym czasie zadziałania – stosowane w układach z przełączanymi prądami o powolnych czasach narostu i opadania

**TT** – z dużą zwłoką zadziałania – w układach z krótkotrwałymi prądami rozruchowymi

# BEZPIECZNIKI W APARATURZE ELEKTRONICZNEJ



## BEZPIECZNIKI - RODZAJE

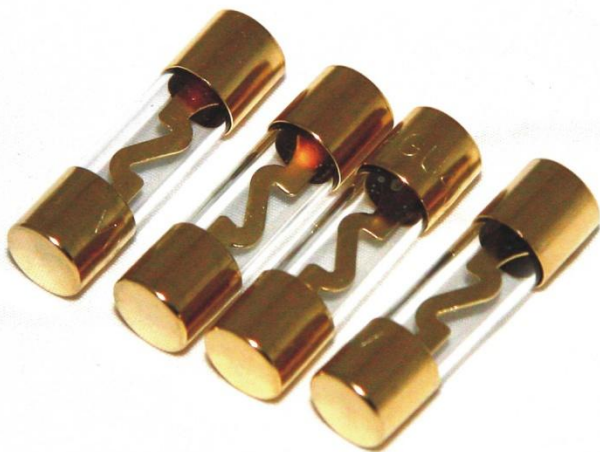
### Budowa:

- bezpieczniki topikowe – szklana/ceramiczna rurka z przewodem w środku, wymiar Eu(5x20mm), USA (6,3x32mm), wiele wersji i rodzajów (m. in. subminiaturowe lutowane)
- samochodowe (topikowe) – ceramiczny walec (6x25mm) lub plastikowa obudowa z taśmą metalową
- automatyczne termiczne – reagują na temperaturę otoczenia i dla określonej wartości przerywają obwód
- polimerowe (półprzewodnikowe) – wielokrotnego użytku, po przekroczeniu prądu lub temperatury bezpiecznik przerywa obwód, po ostygnięciu wraca do stanu przewodzenia, spotyka się także rodzaje do montażu przewlekanego i powierzchniowego; typ foliowy stosowany w pakietach baterii

## BEZPIECZNIKI - REZYSTANCJA, SPADEK NAPIĘCIA

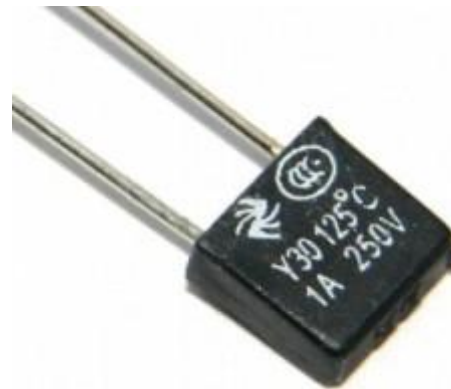
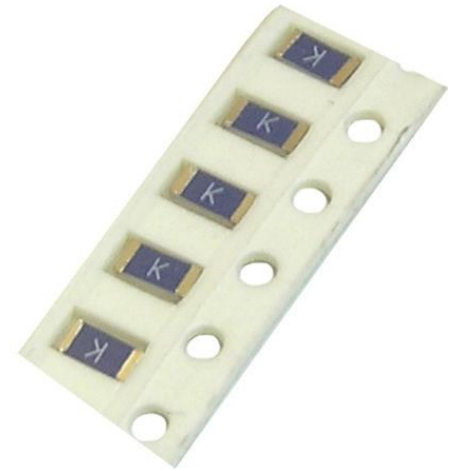
- Rezystancja bezpieczników – 10 - 0.01 $\Omega$  (*mały prąd znamionowy – duża oporność*)
- Spadek napięcia dla prądu znamionowego 10V ( $I_N=30\text{mA}$ ) – 0,1V( $I_N=10\text{A}$ )

## OBUDOWY RÓŻNE



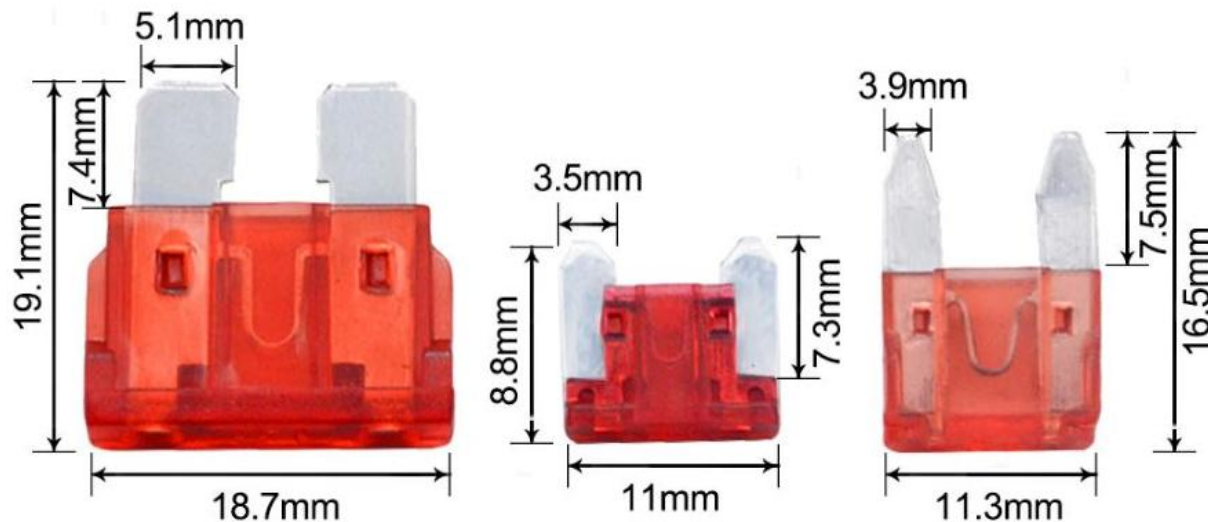
# OBUDOWY SMD

Długość rzędu 6mm

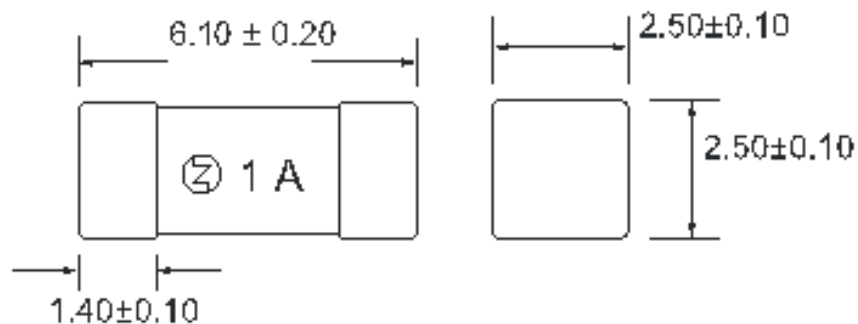
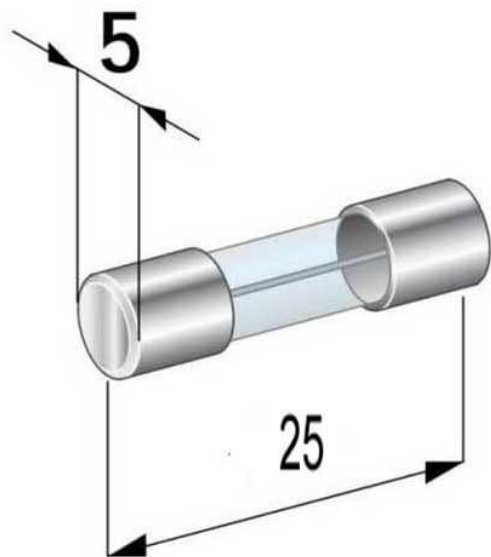


## Wymiary:

- a) 5x20mm
- b) 4,5x14,5
- c) 6,3x32
- d) 6,3x25,4
- e) 8,5x31,5



## Standard      Micro      Mini



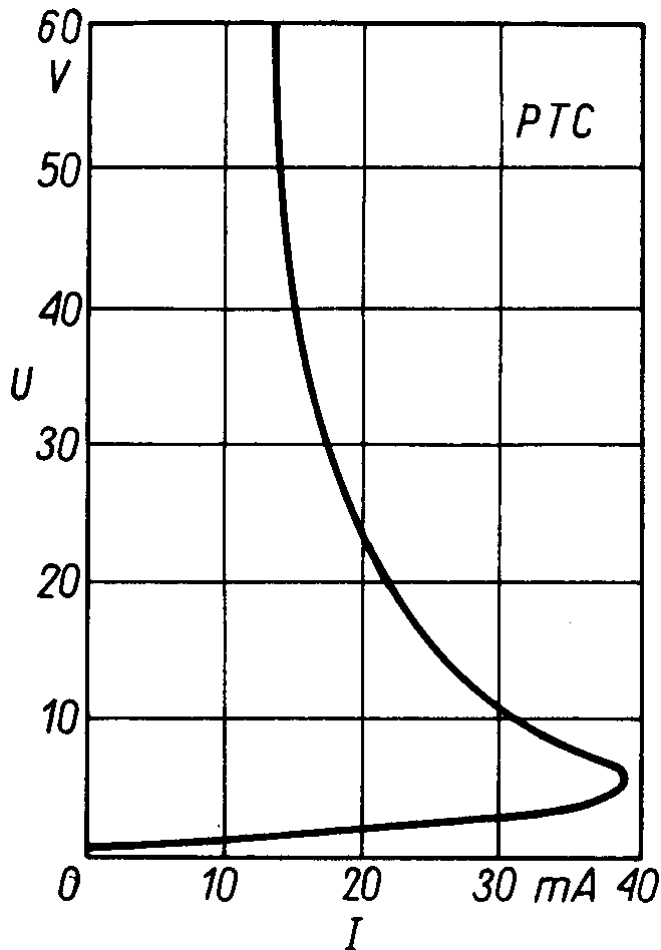
## BEZPIECZNIKI POLIMEROWE

- Prąd znamionowy ( $I_{\text{hold}}$ ) (0,1 do 10A)
- Prąd przeskoku ( $I_{\text{trip}}$ ) ( $2 \times I_{\text{hold}}$ )
- Czas do przeskoku dla  $I_{\text{trip}}$  (wykres)
- Rezystancja „pracy” (3 do  $0,005 \Omega$ )



# BEZPIECZNIKI POLIMEROWE

## CHARAKTERYSTYKA PRĄDOWO-NAPIĘCIOWA



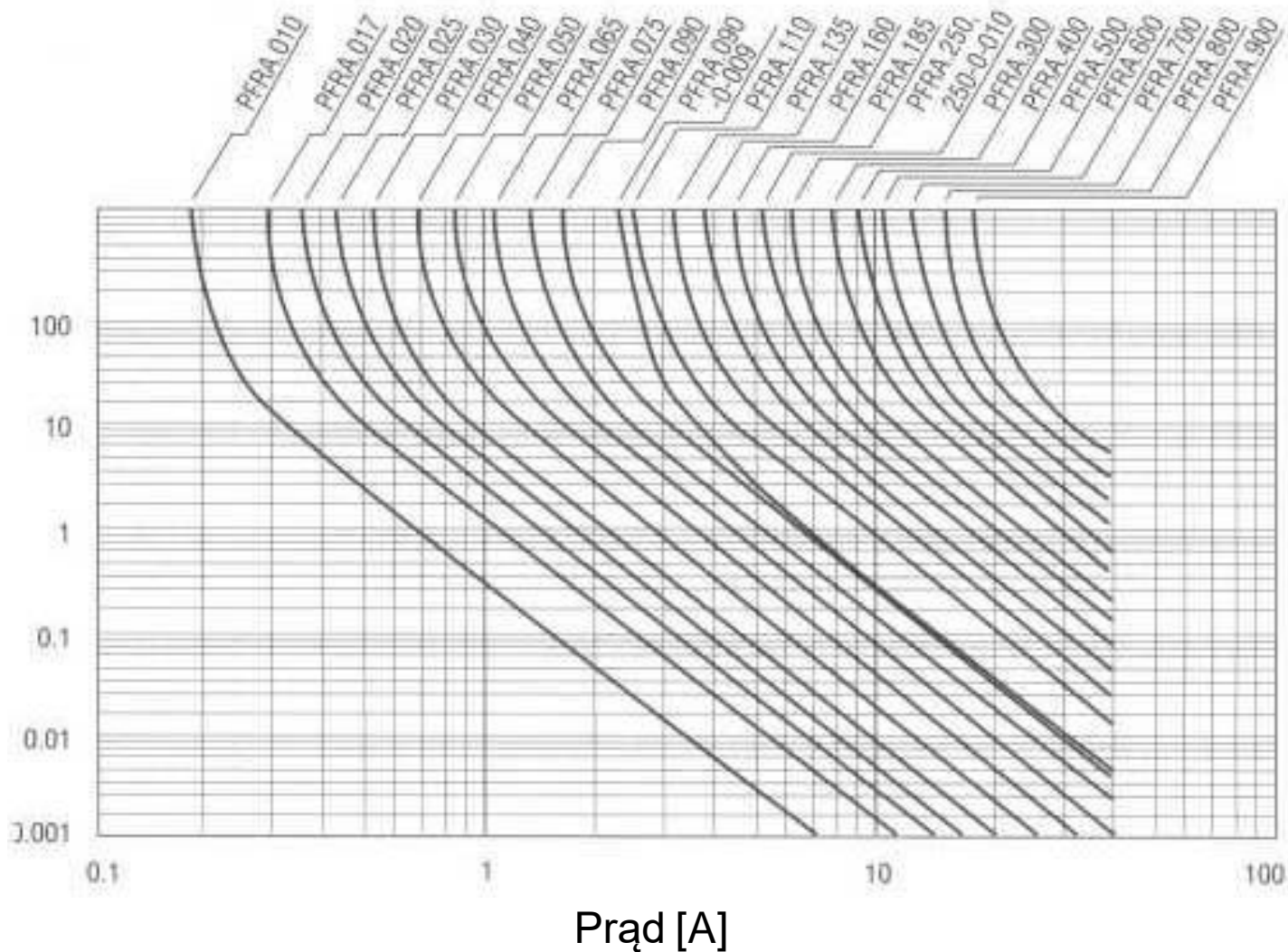
Po nagraniu spowodowanym przeciążeniem wzrasta oporność (PTC) i wzrasta spadek napięcia.

Obwód nie zostaje jednak przerwany !!!!!

Po wyłączeniu i wystygnięciu bezpiecznik powraca do stanu przed przeciążeniem !!!!!

# BEZPIECZNIKI POLIMEROWE CZAS ZADZIAŁANIA

Czas  
wyłączenia  
[s]



## BEZPIECZNIKI POLIMEROWE (CERAMICZNE) - PARAMETRY

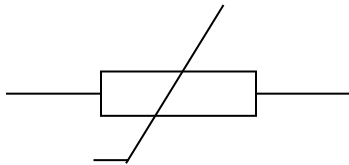
- Napięcie znamionowe - 30V (265V)
- Prąd znamionowy - 0,1A – 10A (15-200mA)
- Rezystancja  $3\Omega$  –  $0,001\Omega$  ( $150\Omega$  -  $10\Omega$ )

Mogą być stosowane jako zabezpieczenie termiczne.

Szczególnie nadają się do ochrony akumulatorów, silników, transformatorów itp..

## WARYSTORY

**Warystor** jest rezystorem, którego wartość rezystancji zmniejsza się silnie wraz ze wzrostem napięcia. Warystory produkuje się obecnie najczęściej z granulowanego tlenku cynku, domieszkowanego różnymi pierwiastkami uformowanego w pastylkę. Warystory można stosować zarówno do prądu stałego, jak i zmiennego.



Symbol graficzny warystora.

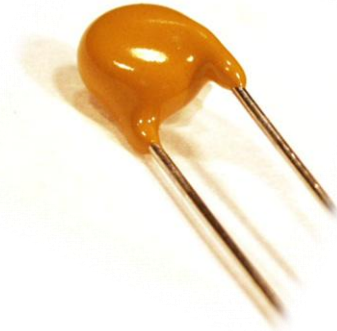


Powierzchnie wielu styków ziaren działają jako pewnego rodzaju złącza półprzewodnikowe o spadku napięcia ok. 3 V przy 1 mA i tworzą długie łańcuchy.

Całkowity spadek napięcia zależy od wielkości ziarna i grubości warystora. Aż do napięcia charakterystycznego (napięcia warystora), kiedy prąd jest mniejszy lub równy 1 mA, warystor będzie miał wysoką rezystancję. Po przekroczeniu napięcia progowego warystora, przepływający prąd wzrasta w sposób logarytmiczny, tzn. wartość rezystancji zmienia się ze stanu wysokoomowego do niskoomowego w czasie krótszym niż 20 ns.



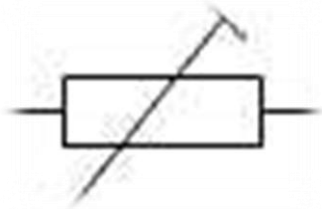
## ZASTOSOWANIE WARYSTORÓW



- a) Głównie zabezpieczanie urządzeń przed przepięciami.
- b) Warystory są ochronnikami przepięciowymi i wysokonapięciowymi (w telewizorach).
- c) Stosowane są również do ochrony linii wysokiego napięcia.
- d) Stosuje się je w liniach telefonicznych do zabezpieczania telefonów, modemów i innych urządzeń podłączonych do linii telefonicznej.
- e) Służą jako odgromniki.
- f) Służą też jako pewnego rodzaju zabezpieczenie transformatorów.

## TERMISTORY

**Termistory** są to półprzewodnikowe przyrządy bezzłączowe, charakteryzujące się dużymi zmianami rezystancji w zależności od zmian temperatury (mają one duży współczynnik temperaturowy). Wykonuje się je z tlenków: manganu, niklu, kobaltu, miedzi, glinu, wanadu i litu. Od rodzaju i proporcji użytych tlenków zależą właściwości termistora.

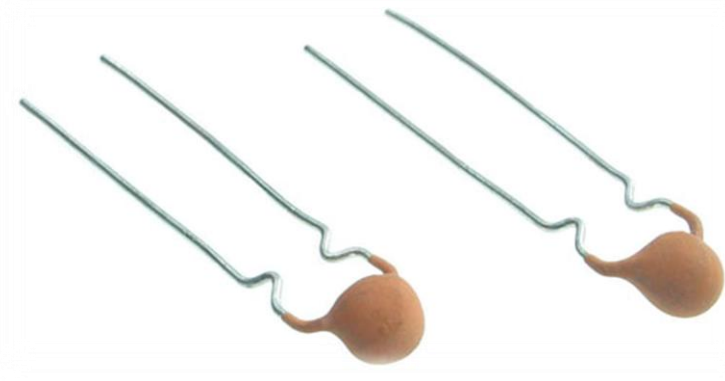


Symbol graficzny termistora.



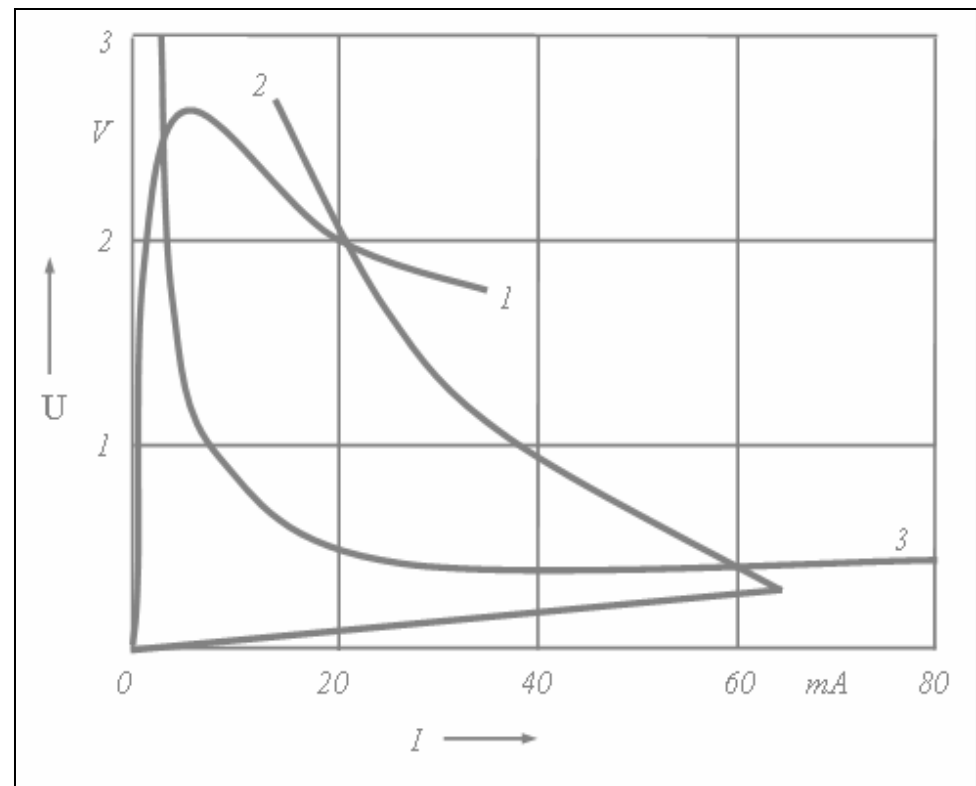
**Termistory** są wykorzystywane do pomiaru temperatury. Są one dużo bardziej czułe niż termometry z czujnikiem oporowym, poza tym wyróżniają się bardzo małymi wymiarami (np. kulka o średnicy 1mm). W termistorowych układach regulacji i stabilizacji temperatury, uzyskuje się ponadto dużą czułość przy jednoczesnej prostocie układu.

Termistory można podzielić na dwie grupy: termistory o ogrzewaniu bezpośrednim prądem przepływającym przez element półprzewodnikowy i termistory o ogrzewaniu pośrednim.



## RODZAJE TERMISTORÓW

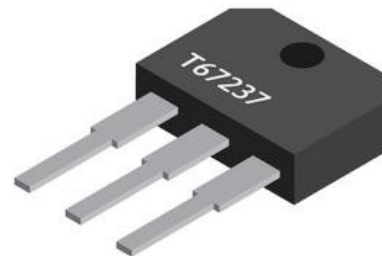
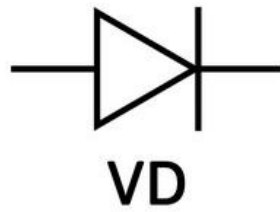
- a) termistory **NTC** (1) o ujemnym współczynniku temperaturowym rezystancji,
- b) termistory **PTC** (2) o dodatnim współczynniku temperaturowym rezystancji,
- c) termistory **CTR** (3) charakteryzujące się gwałtownym maleniem rezystancji w wąskim zakresie temperatury.



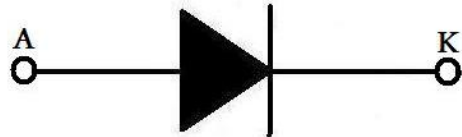
## ZASTOSOWANIE TERMISTORÓW



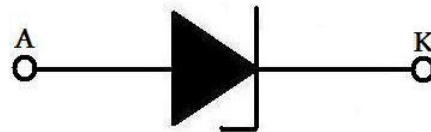
- a) Czujniki temperatury w układach kompensujących zmiany parametrów obwodów przy zmianie temperatury, w układach zapobiegających nadmiernemu wzrostowi prądu, do pomiarów temperatury,
- b) Elementy kompensujące zmianę oporności innych elementów elektronicznych np. we wzmacniaczach i generatorach bardzo niskich częstotliwości.
- c) Ograniczniki natężenia prądu (bezpieczniki elektroniczne)



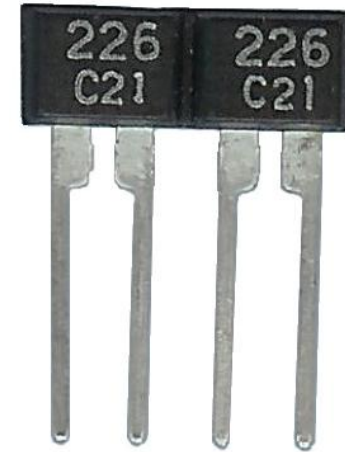
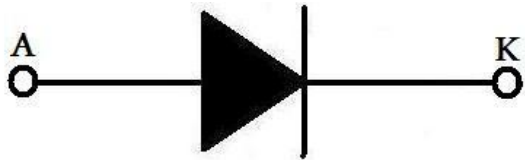
**diody prostownicze** – „prostują” napięcie lub prąd zmienny o małej częstotliwości przetwarzając go na prąd jednokierunkowy; przewodzą prąd dopiero po przekroczeniu określonej wartości napięcia w kierunku przewodzenia (dla diod krzemowych wynosi ona ok. 0,7 V, a dla germanowych ok. 0,3 V)



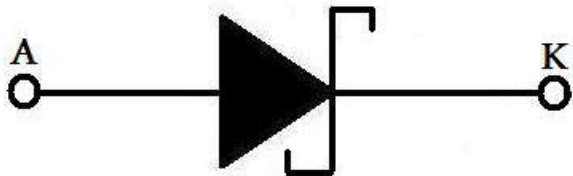
**diody stabilizacyjne** – stabilizują lub ograniczają napięcie, mimo znacznych zmian natężenia prądu; pracują przy polaryzacji w kierunku zaporowym; np. diody Zenera



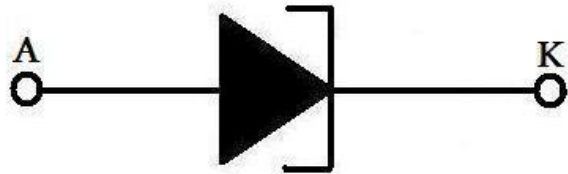
**diody pojemnościowe (warikapy, waraktory)** – pracują przy polaryzacji zaporowej, charakteryzując się zmienną pojemnością sterowaną napięciem; im wyższe napięcie tym mniejsza pojemność diody



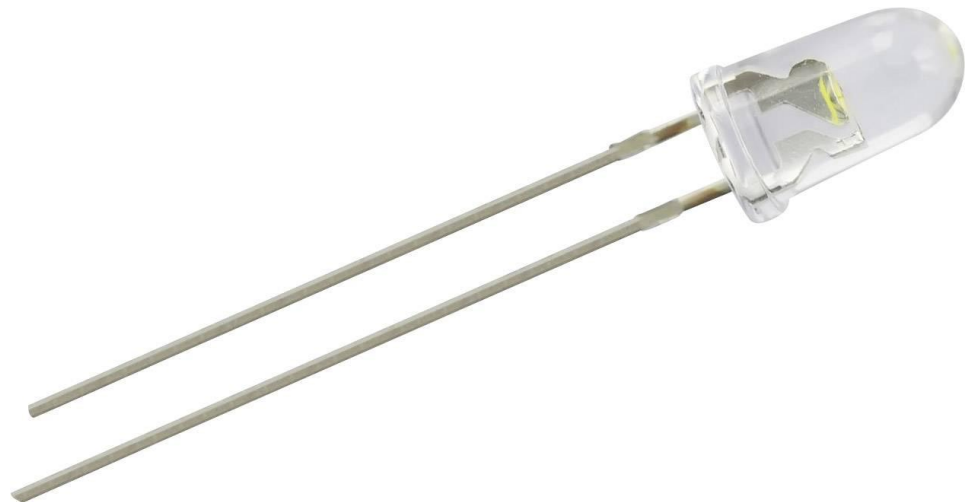
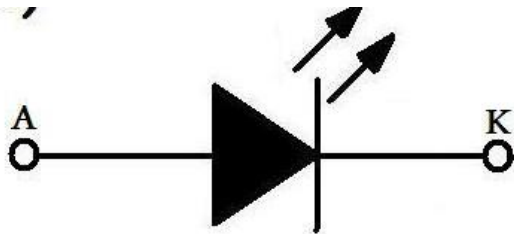
**diody przełączające (impulsowe)** – niewielki czas przełączania przy zmianie polaryzacji pomiędzy kierunkiem przewodzenia i zaporowym; np. diody Schottky



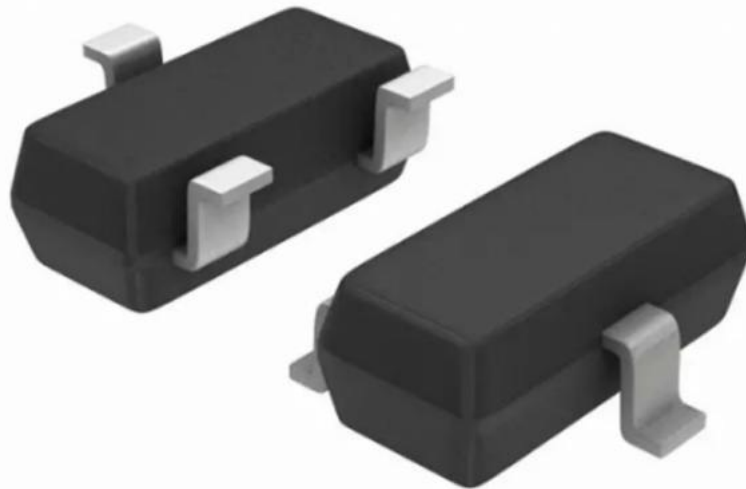
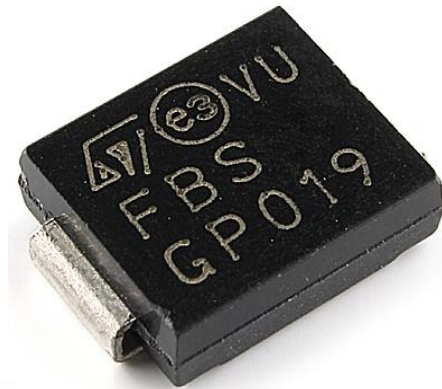
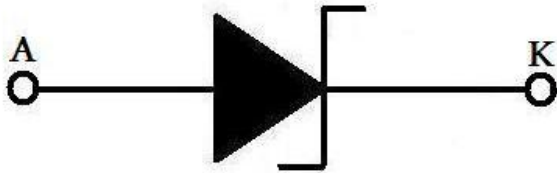
**diody mikrofalowe** - prostują, generują i wzmacniają przebiegi elektryczne w częstotliwościach mikrofalowych

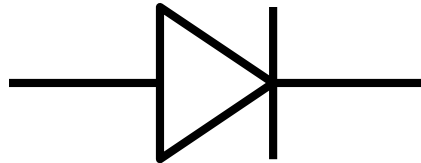


**diody elektroluminescencyjne (LED)**



**diody transil** – zabezpieczają układy przed przepięciami, w chwili przekroczenia dopuszczalnego napięcia diody gwałtownie zaczynają przewodzić prąd

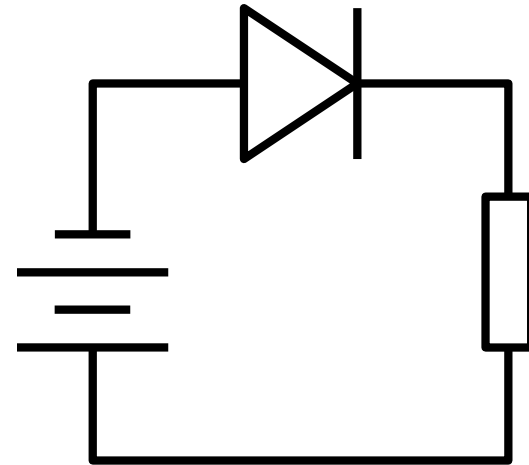




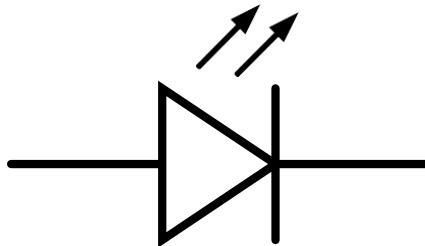
Anoda

Katoda

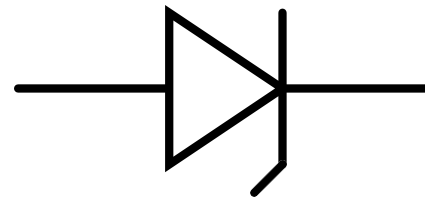
Symbol diody półprzewodnikowej



Dioda spolaryzowana w kierunku przewodzenia

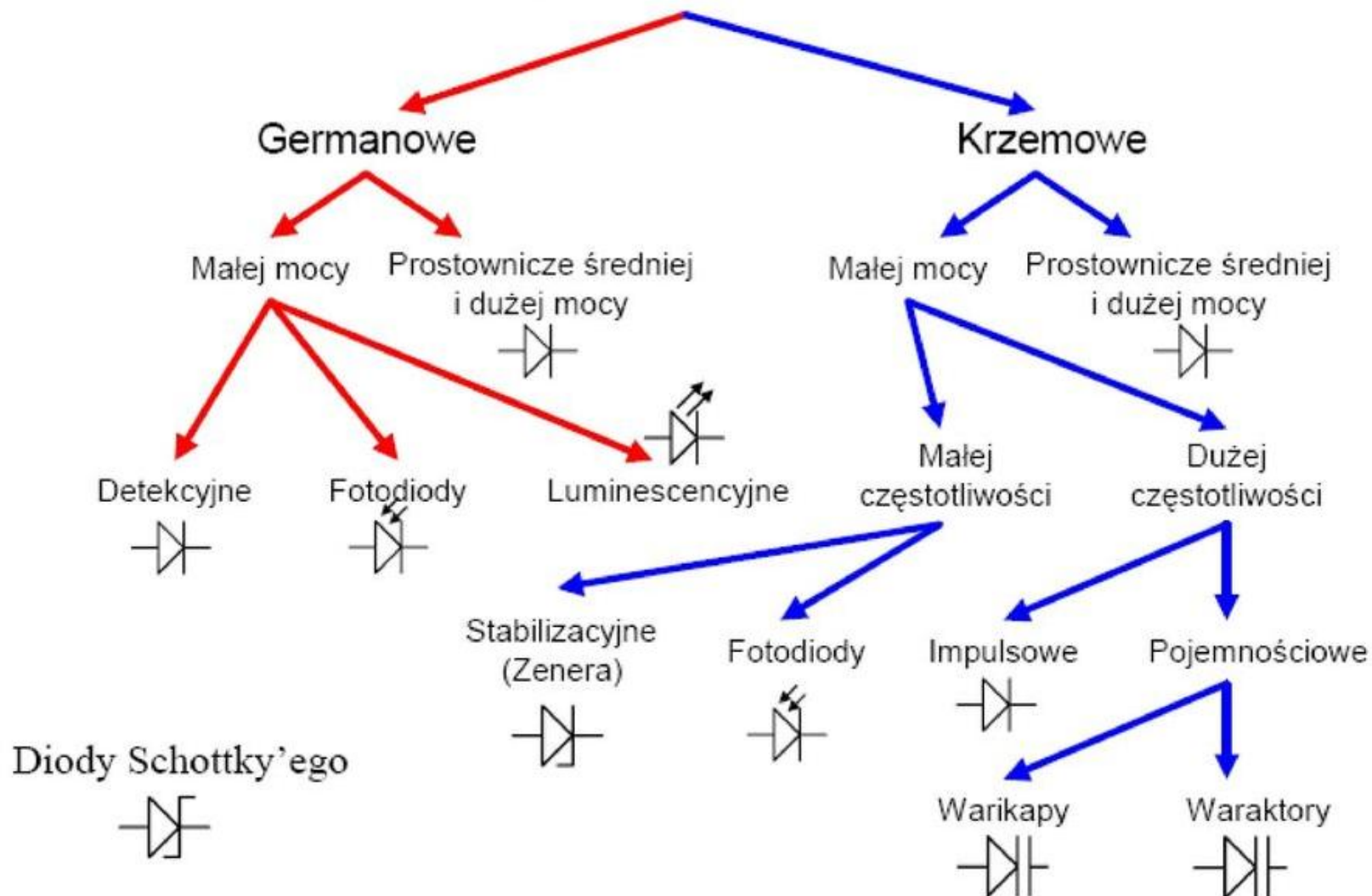


Dioda LED



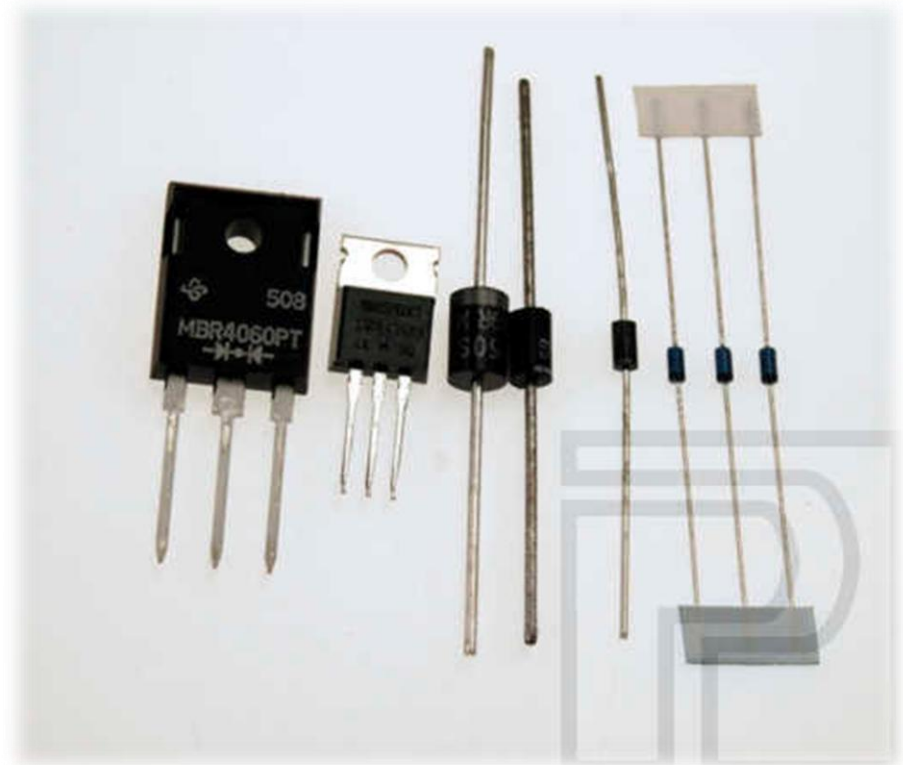
Dioda Zenera

# Diody półprzewodnikowe



## DIODY PÓŁPRZEWODNIKOWE

Dioda stanowi połączenie 2 półprzewodników o odmiennym typie przewodnictwa, czyli P i N. Główną cechą diod jest możliwość ich pracy w 2 trybach: przewodzenia oraz zaporowym. Diody możemy podzielić na różne rodzaje. W zależności od budowy oraz w zależności na zastosowanie.



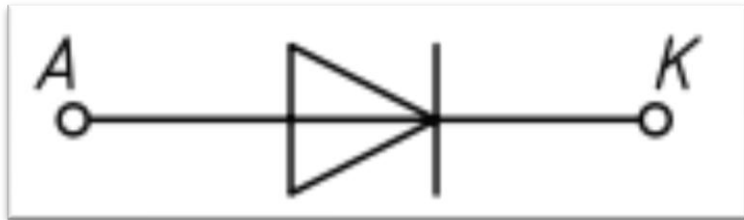
Ze względu na budowę diody dzielimy na:

- **warstwowe**,
- **ostrzowe** - mają małą obciążalność prądową i napięciową, ale mogą pracować przy wielkich częstotliwościach (do kilkudziesięciu gigaherców) ze względu na ich małą pojemność między elektrodową.

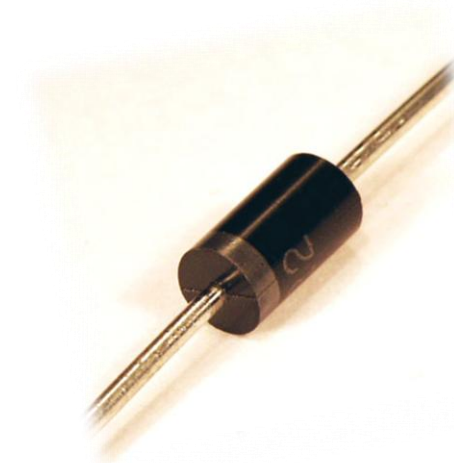
Ze względu na zastosowanie diody dzielimy m.in. na:

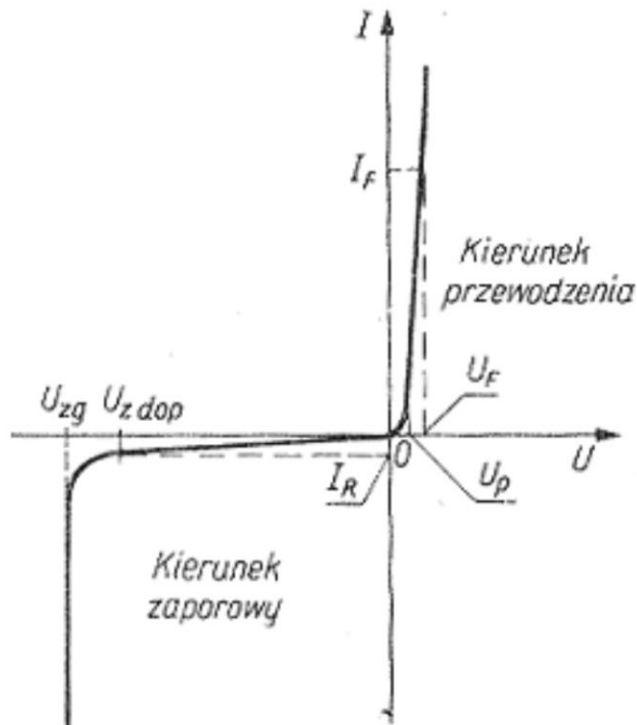
**diody prostownicze** - stosuje się w układach prostowniczych urządzeń zasilających. Zadaniem tych diod jest przekształcenie prądu przemiennego w jednokierunkowy prąd pulsacyjny. Pełnią rolę zaworu jednokierunkowego.

Dla tego rodzaju diody wykorzystujemy właściwości polegające na różnicy przewodzenia prądu w kierunku przewodzenia i wstecznym. Dioda prostownicza najczęściej przewodzi duże prądy, w związku z tym wykonywana jest najczęściej z krzemu w postaci diody warstwowej.



Symbol diody prostowniczej.





### Charakterystyka statyczna diody półprzewodnikowej

$U_{zg}$  – graniczne napięcie zaporowe,  $U_{z\ dop}$  – dopuszczalne napięcie zaporowe,  $I_R$  – prąd wsteczny przy dopuszczalnym napięciu zaporowym,  $U_p$  – napięcie progowe,  $U_F$  – napięcie przewodzenia (ok. 1 V),  $I_F$  – prąd przewodzenia mierzony przy napięciu  $U_F$  na diodzie

Najważniejszymi parametrami diod półprzewodnikowych są:

- 1) dopuszczalne napięcie wsteczne,
- 2) dopuszczalny prąd przewodzenia,
- 3) prąd wsteczny,
- 4) pojemność diody,
- 5) maksymalne straty mocy,
- 6) dopuszczalna temperatura złącza.

**Charakterystyka diody prostowniczej.**

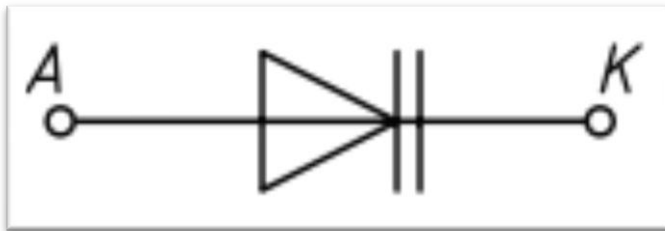
**diody uniwersalne** - stosuje się głównie w układach detekcyjnych, prostowniczych małej mocy i w ogranicznikach. Charakteryzują się niewielkim zakresem dopuszczalnych napięć i prądów, a częstotliwość ich pracy nie przekracza kilkudziesięciu MHz. Jako diody uniwersalne najczęściej stosuje się planarne diody krzemowe małej mocy.



**diody impulsowe** - diody te stosowane są do przełączania napięć i prądów oraz do formowania impulsów elektrycznych. W układach spełniają one głównie rolę tzw. kluczy elektrycznych. Diody te charakteryzują się małą rezystancją w kierunku przewodzenia oraz dużą rezystancją w kierunku wstecznym.



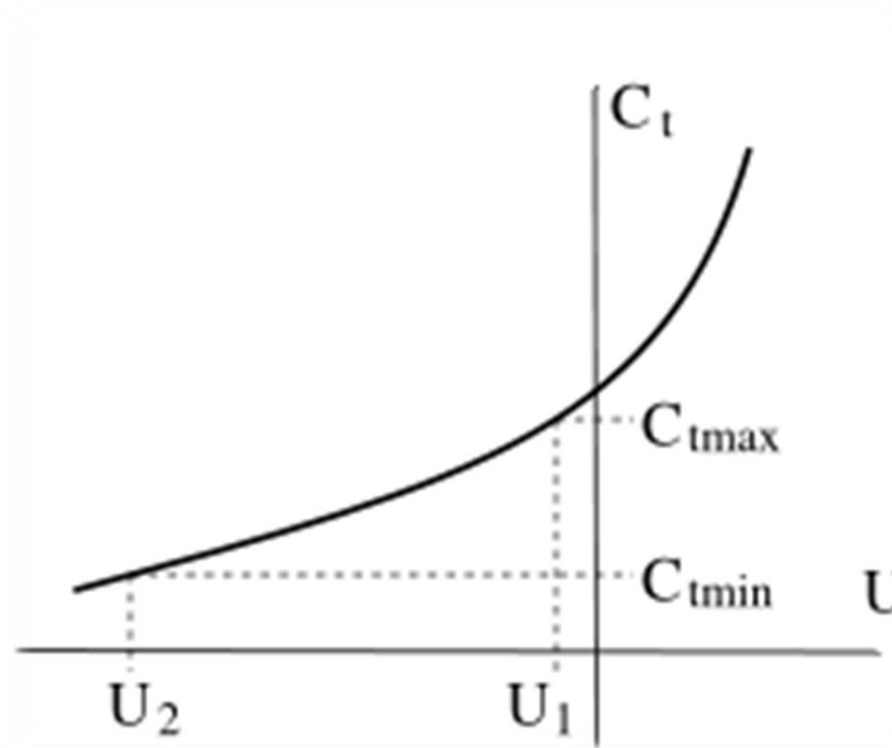
**diody pojemnościowe** - stosowana nazwa to warikapy i waraktory. Charakteryzują się zmienną pojemnością łącza PN pod wpływem zmiennego napięcia. Diody tego typu pracują zwykle w polaryzacji w kierunku zaporowym. Diody tego typu stosuje się w układach automatycznego dostrajania, powielania i modulacji częstotliwości itp.



Symbol diody pojemnościowej.



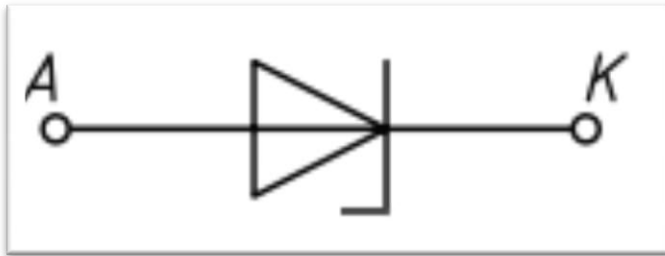
## CHARAKTERYSTYKA DIODY POJEMNOŚCIOWEJ.



$C_{tmax}$  – maksymalna pojemność diody przy prądzie  $I = 0$ .

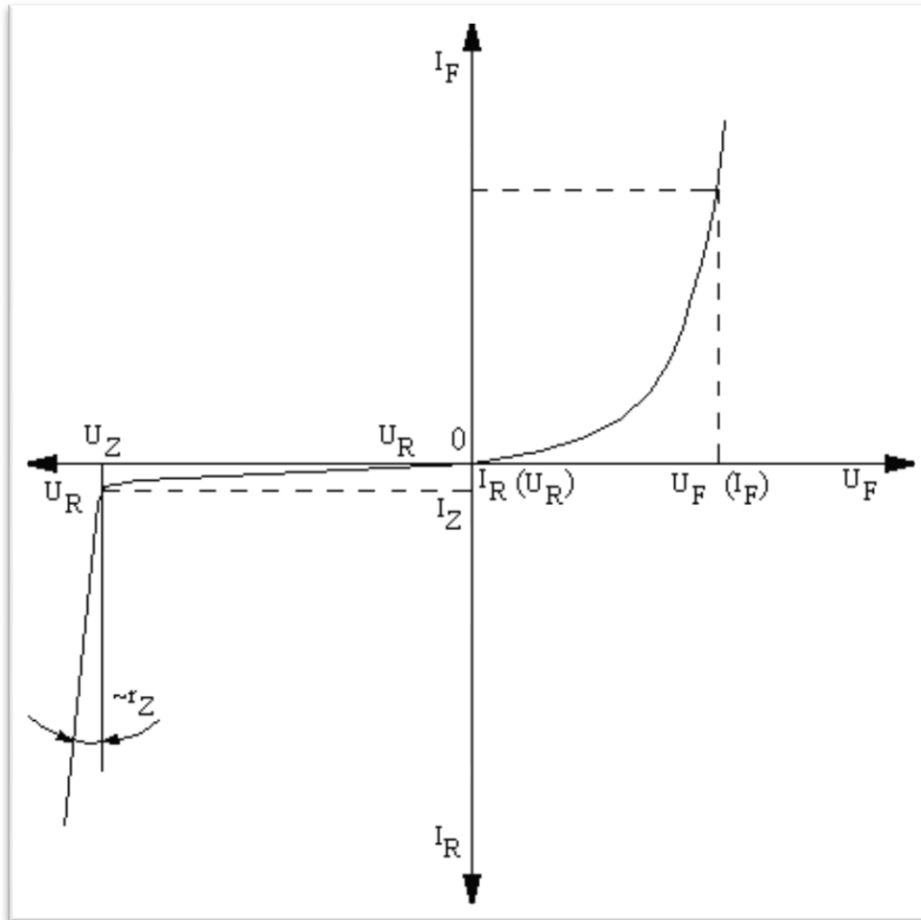
$C_{tmin}$  – minimalna pojemność diody, która wynika z napięcia przebicia diody.

**diody stabilizacyjne** - (stabilitrony, dioda Zenera ) – stosuje się w układach stabilizacji napięć, ogranicznikach amplitudy itp. W diodach tych wykorzystuje się właściwości charakterystyki prądowo-napięciowej w kierunku zaporowym.



Symbol diody stabilizacyjnej.





- $U_Z$  – napięcie stabilizacji
- $U_F$  – napięcie przewodzenia
- $I_R$  – prąd wsteczny
- $U_R$  – napięcie wsteczne
- $r_Z$  – rezystancja dynamiczna

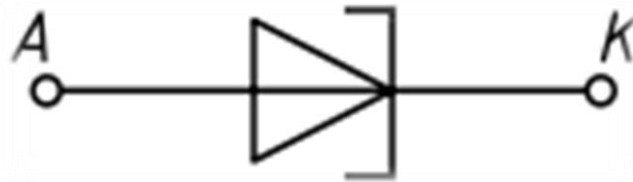
**Charakterystyka diody stabilizacyjnej.**

## Najważniejsze parametry diody Zenera:

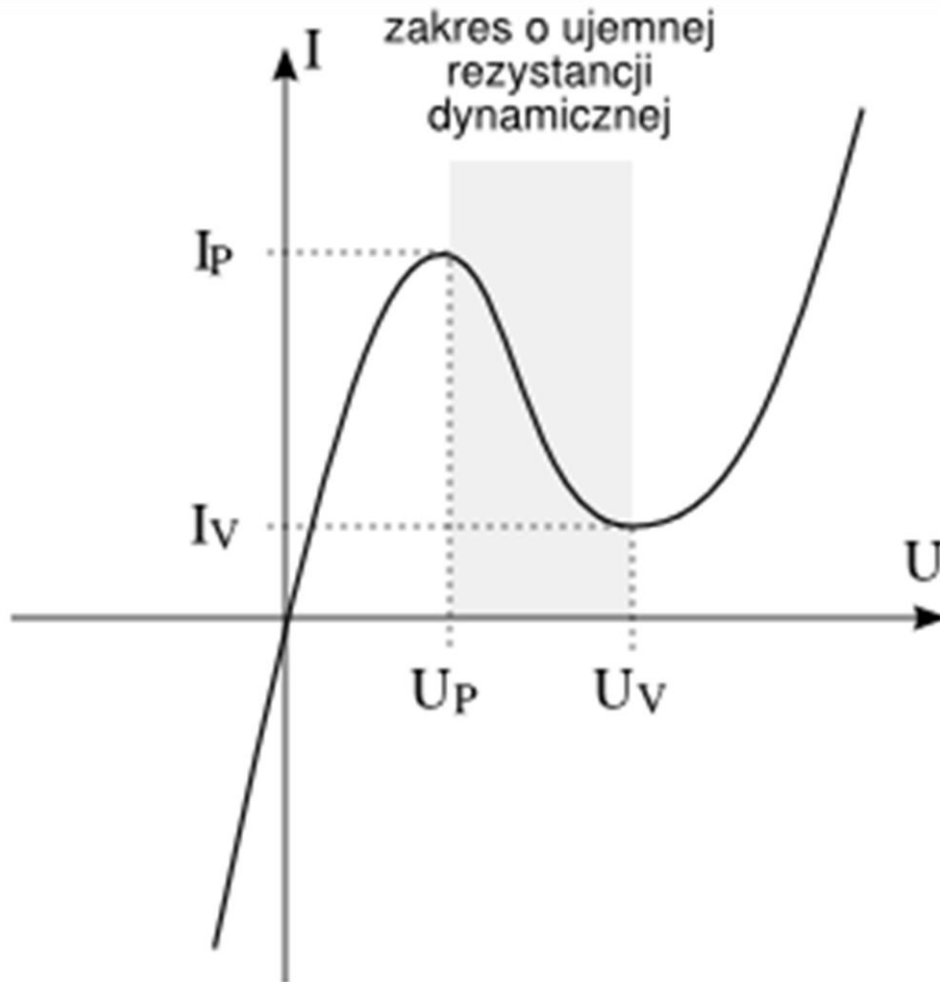
- a) Współczynnik stabilizacji, który wyraża stosunek względnych zmian prądu płynącego przez diodę do wywołanych przez nie względnych zmian spadku napięcia na diodzie.
- b) Rezystancja dynamiczna,
- c) Współczynnik temperaturowy napięcia stabilizacji.



**diody tunelowe** - zbudowane są z 2 obszarów bardzo silnie domieszkowanych półprzewodników. Wykonuje się je z krzemu, arsenku galu i antymonku galu. Diody te wykorzystuje się w urządzeniach pracujących z bardzo dużymi częstotliwościami np. w układach generatorów, czy też przerzutników.



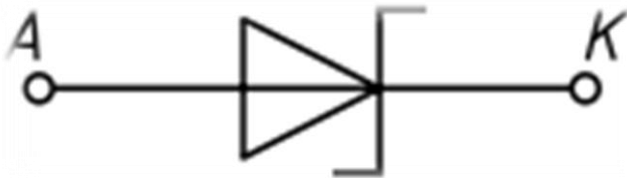
Symbol diody tunelowej.



- $I_P$  – prąd szczytu
- $I_V$  – prąd doliny
- $U_P$  – napięcie szczytu
- $U_V$  – napięcie doliny

Charakterystyka diody tunelowej.

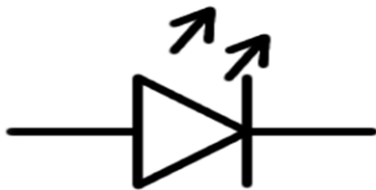
**diody Schottky'iego** - mają bardzo małą pojemność łączy, dzięki temu rozwiązaniu typowy czas przełączania wynosi jedynie 100ps. Diody te działają na nośnikach większościowych, odznaczają się zatem bardzo krótkimi czasami przełączania i nadają się doskonale do zastosowań w układach bardzo wielkiej częstotliwości i układach przełączających. Oprócz tego mają one o wiele mniejsze napięcie przewodzenia niż diody krzemowe.



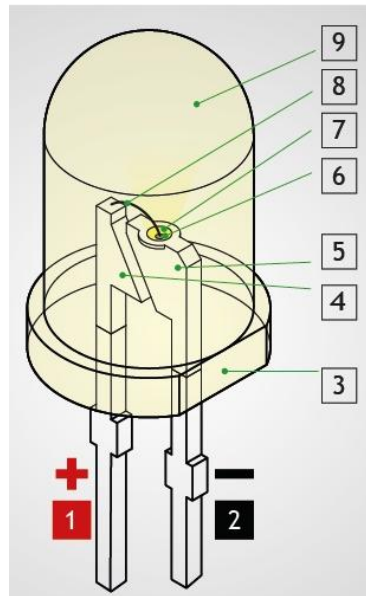
Symbol diody Schottky'iego.



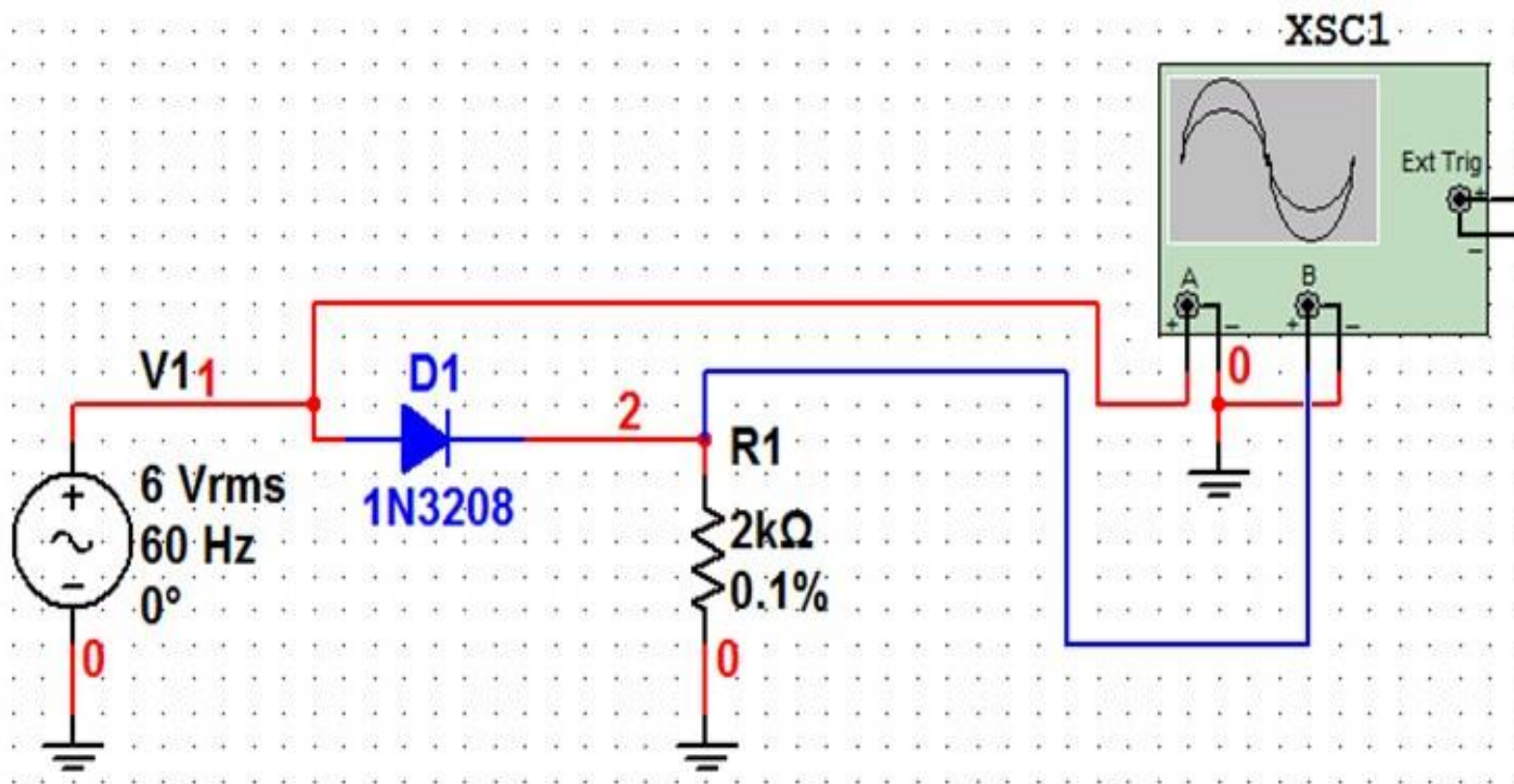
**diody elektroluminescencyjne (LED)** - jako przyrządy półprzewodnikowe bezpośrednio zamieniają energię na promieniowanie świetlne. Przykładem oszczędności oświetleń na diodach LED może być to, że w przypadku strumieni o kolorze zielonym, czerwonym lub żółtym można uzyskać nawet dziesięciokrotnie mniejsze zużycie energii niż w przypadku zwykłych oświetleń. Diody LED cechują się tym, że pracują niezawodnie w ciężkich warunkach atmosferycznych i są o wiele bardziej odporne na uszkodzenia mechaniczne.

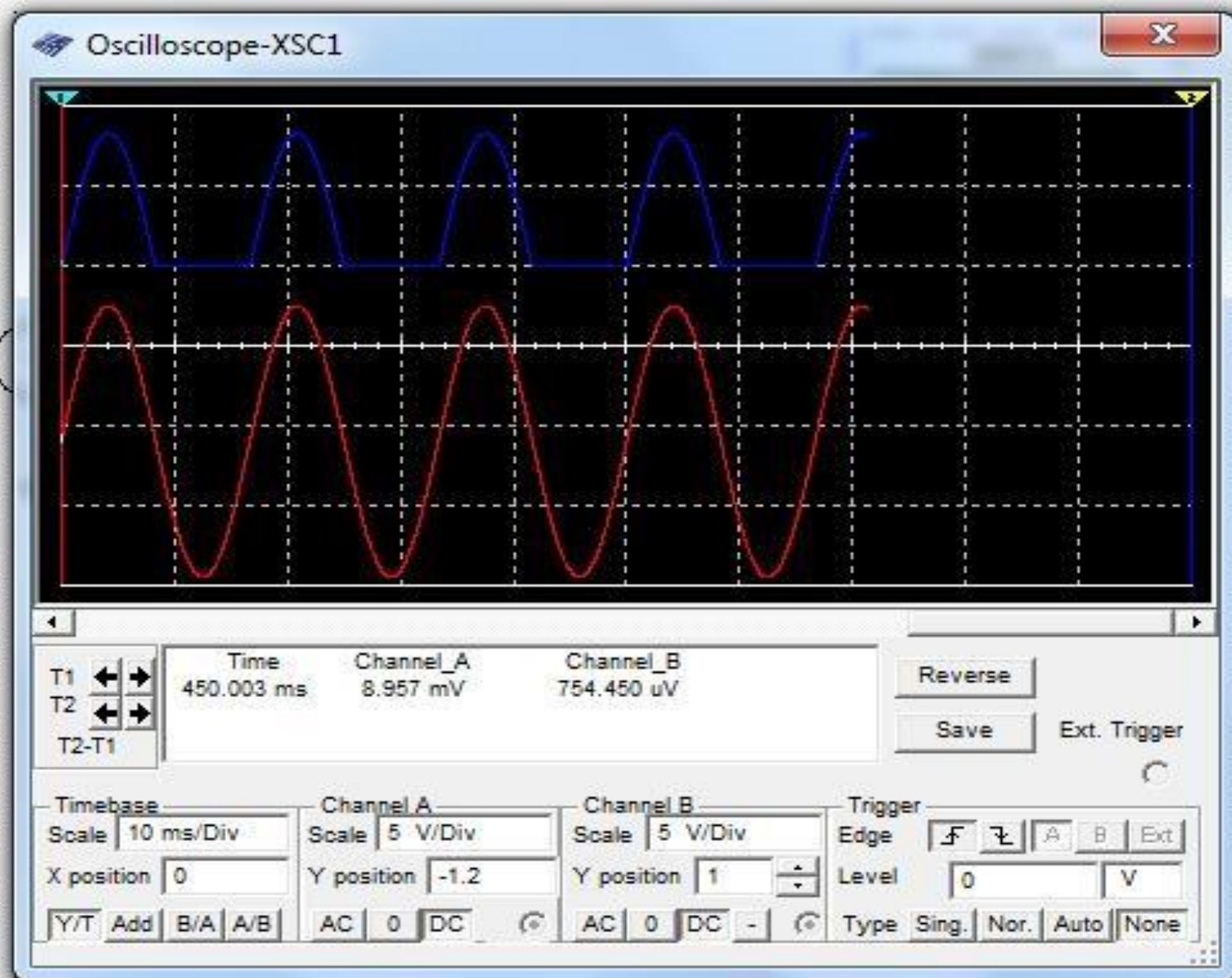


Symbol diody LED.

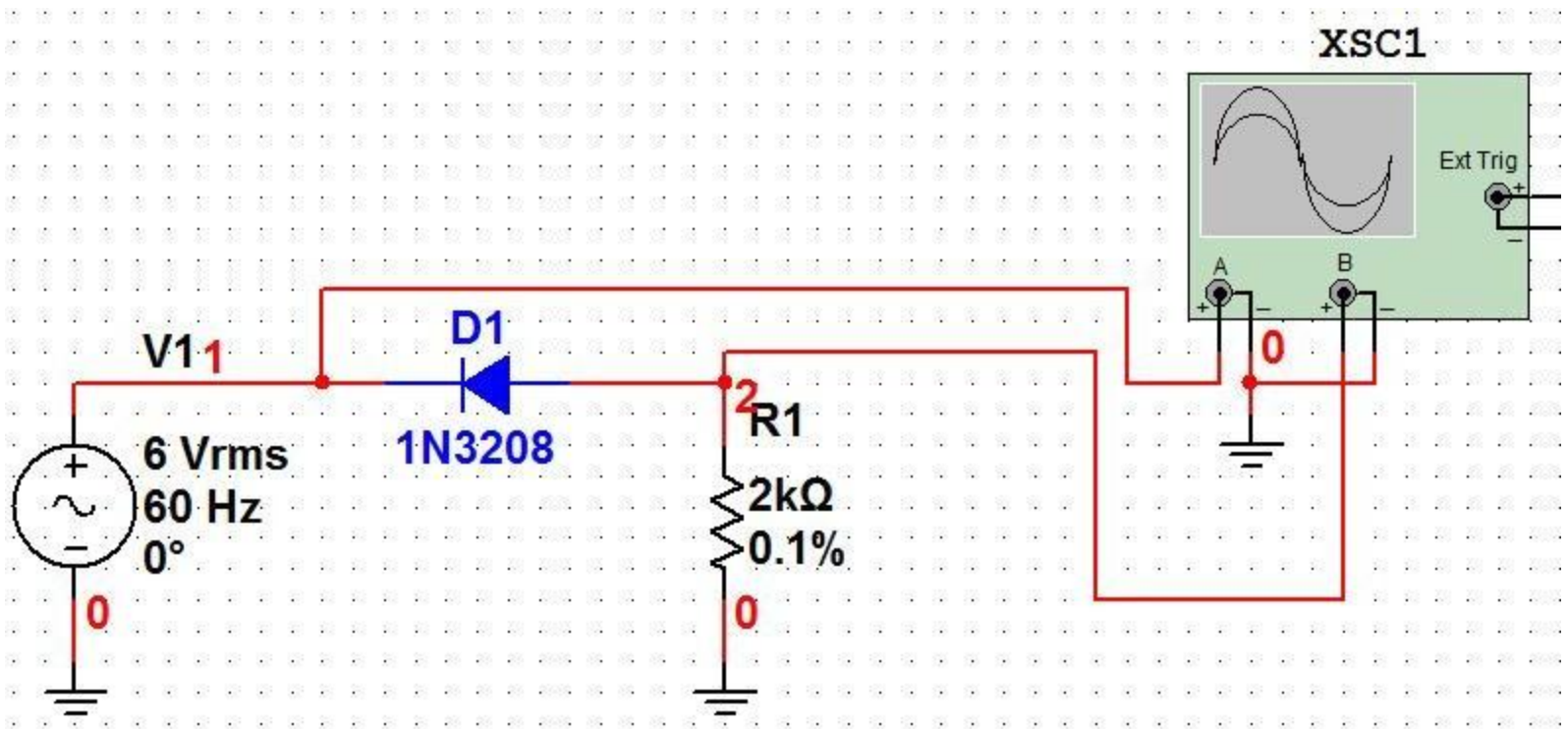


# PROSTOWNIK JEDNOPOŁÓWKOWY



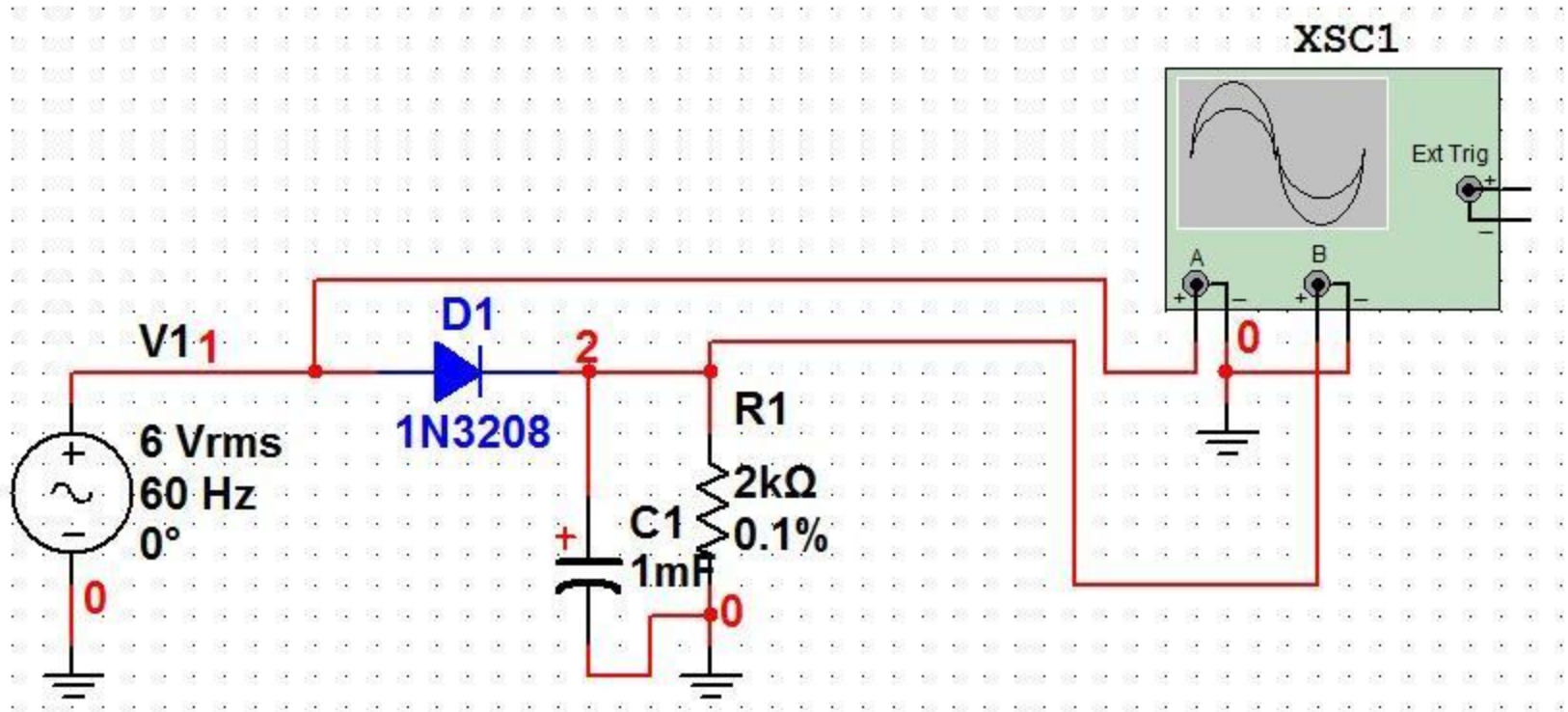


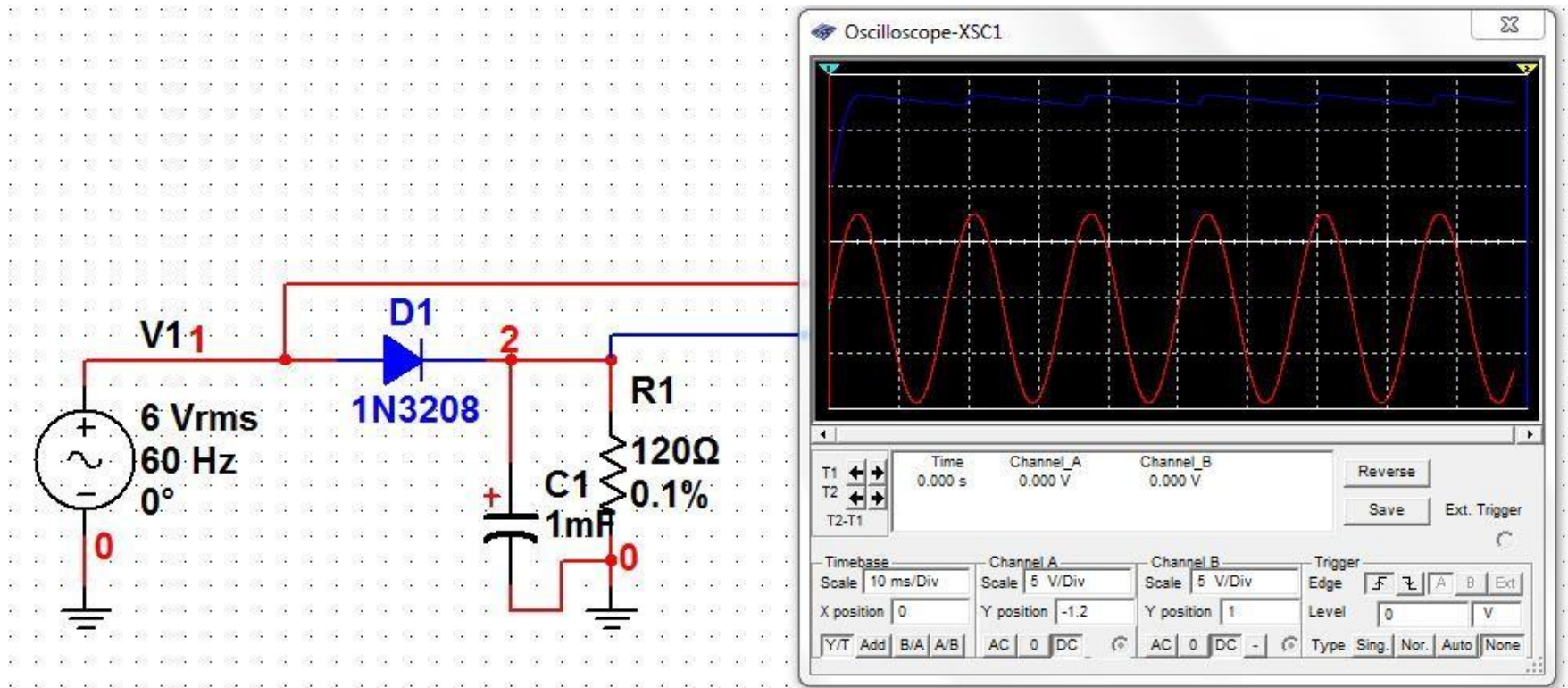
Zmiana położenia anody i katody diody powoduje, że na wyjściu przetwornika pojawią się jedynie ujemne półwłki przebiegu sinusoidalnego.



Prostownik jednopółwkowy napięcia ujemnego

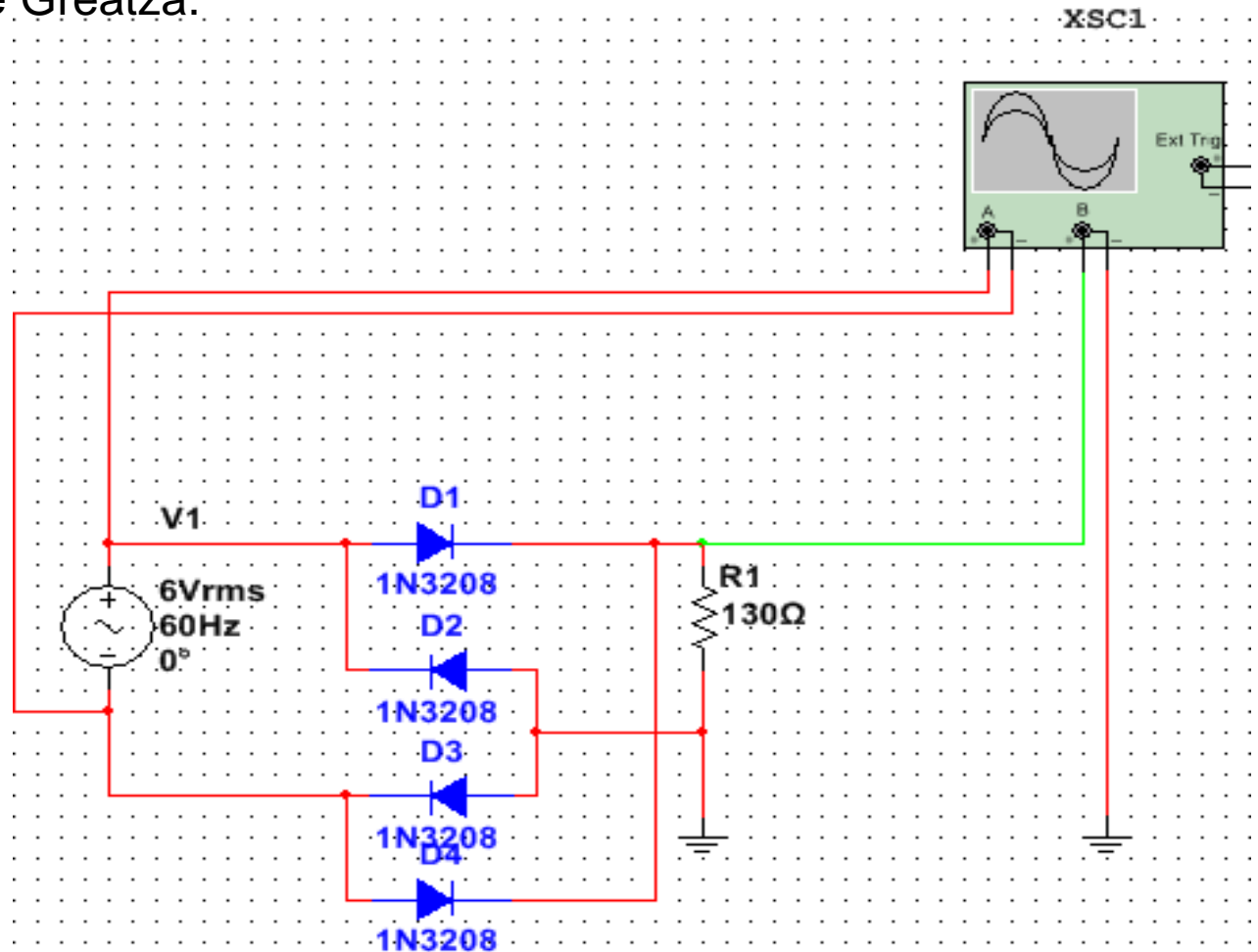
Dodanie równoległego do obciążenia R1 kondensatora C1 o pojemności 1mF powoduje wygładzenie wyprostowanego przebiegu. Energia zgromadzona w kondensatorze zasila obciążenie gdy przebieg na wyjściu prostownika zanika do zera. Uwaga!!!- położenie diody prostowniczej jak dla prostownika napięcia dodatniego.

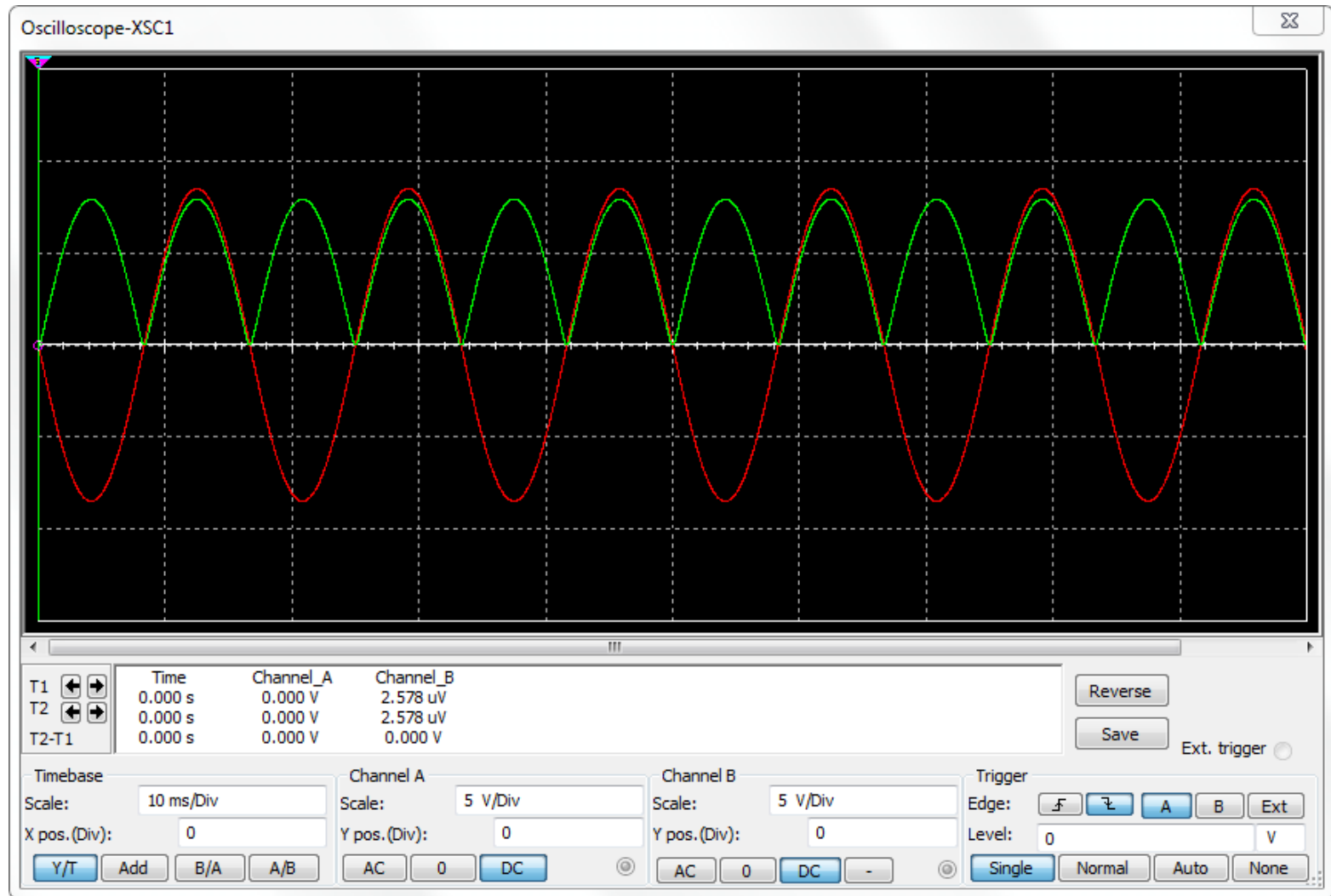




Wpływ obciążenia na tętnienia napięcia wyjściowego.

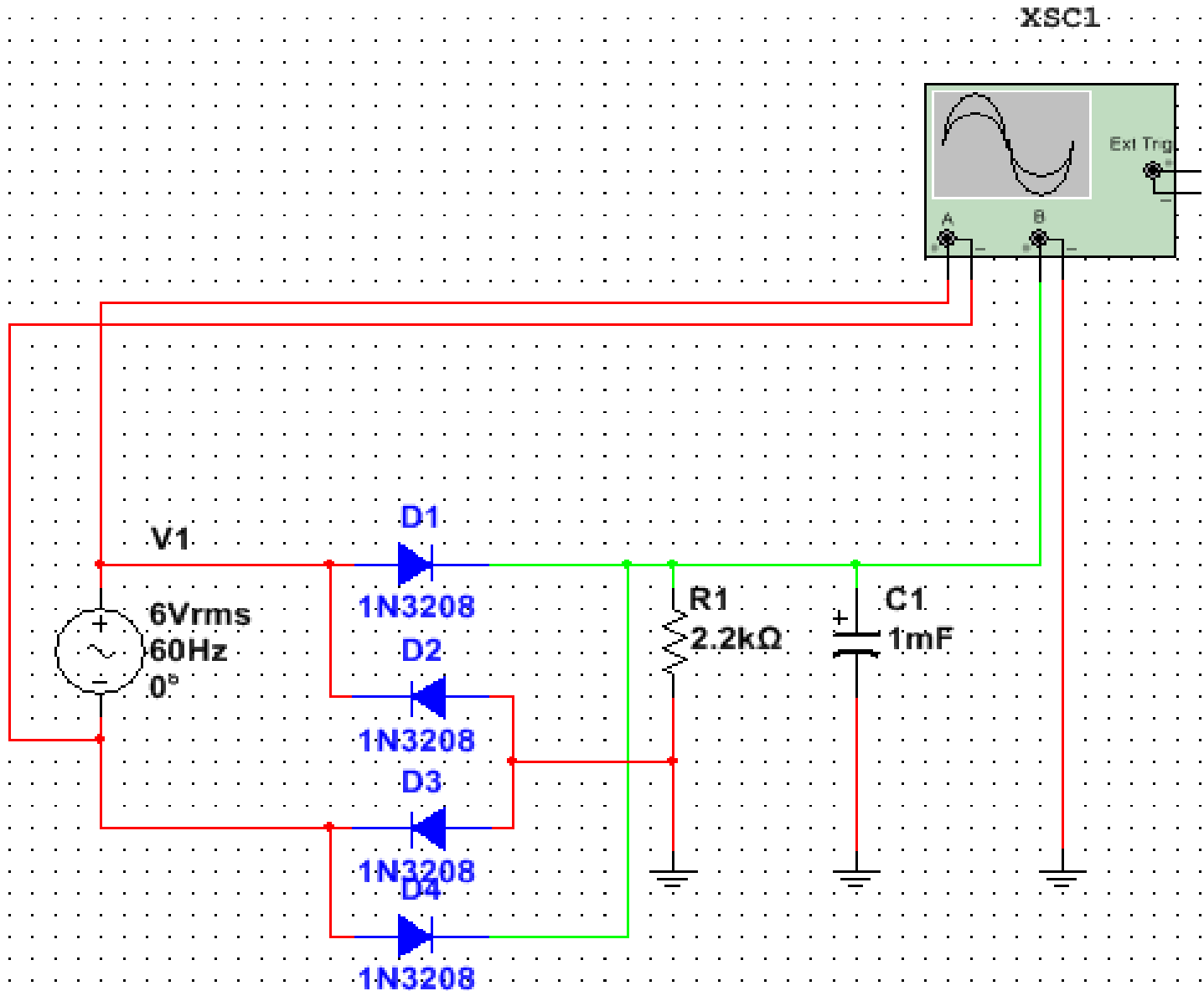
W prostowniku jednopółkowym tylko połowa przebiegu napięcia przemiennego jest zamieniana na napięcie stałe. Kondensator musi więc magazynować dużą ilość energii żeby zapewnić stałe napięcie na obciążeniu R1. Większą sprawność posiada prostownik dwupółkowy z czterema diodami prostowniczymi połączonymi w układzie Graetz.

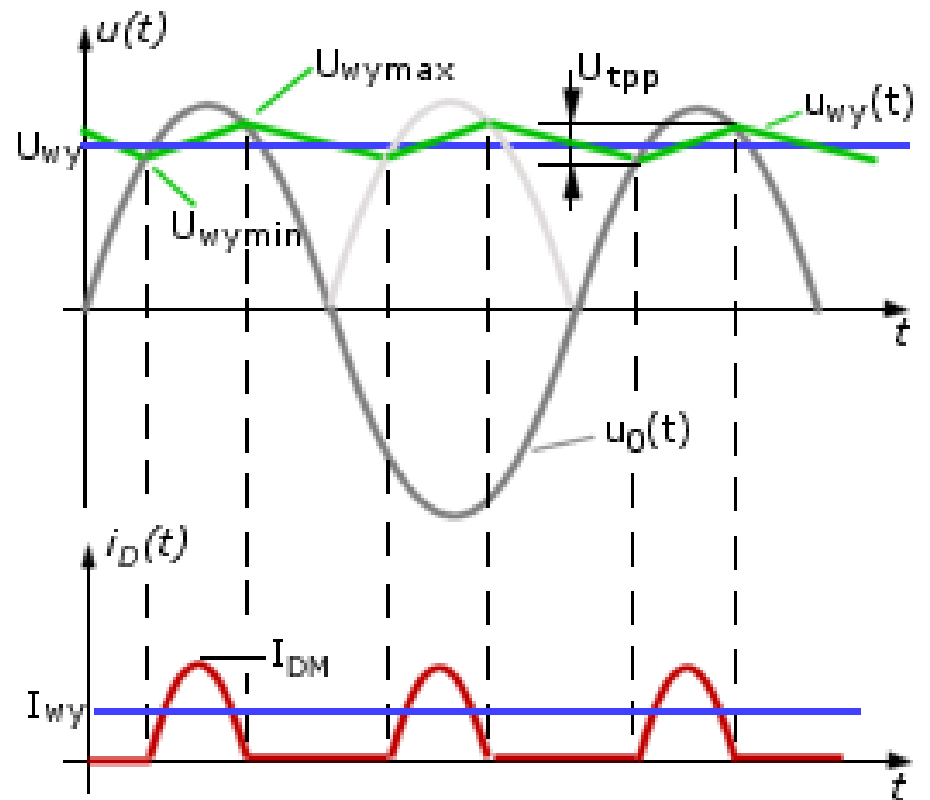
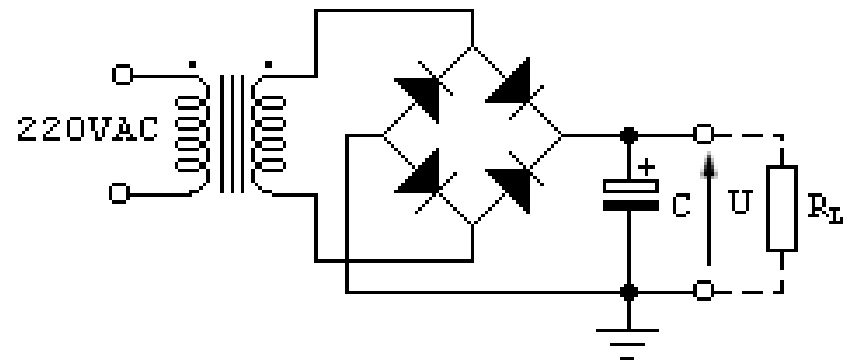
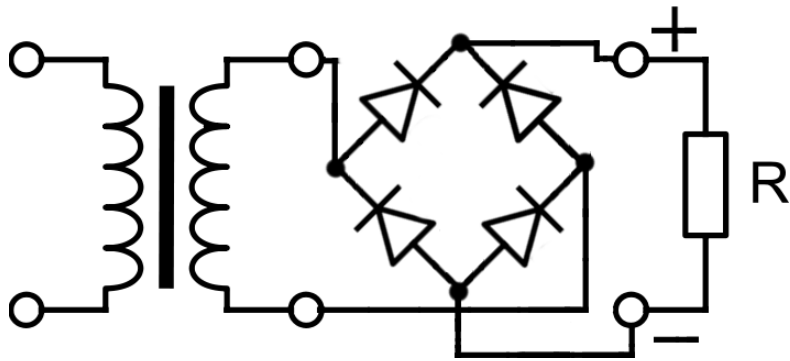


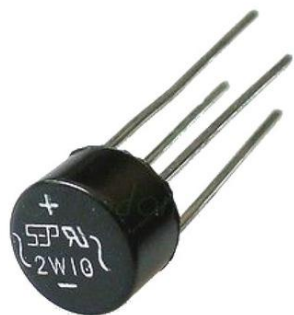


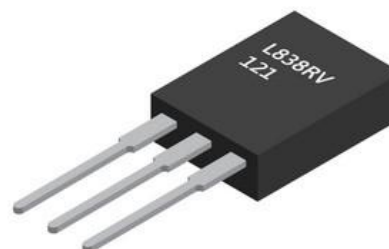
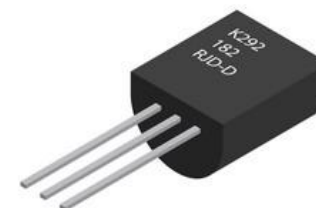
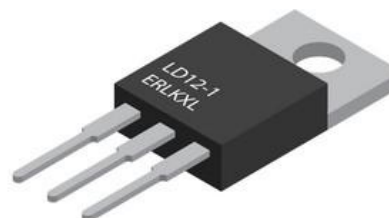
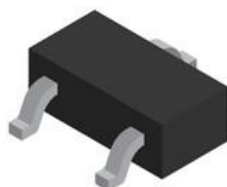
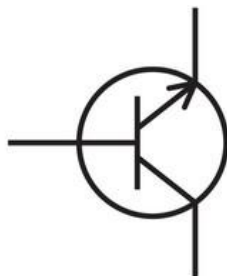
Przebiegi sygnałów na wejściu i wyjściu prostownika dwupołówkowego.

Prostownik dwupółkowy z filtrem pojemnościowym.









## Budowa i przeznaczenie tranzystorów

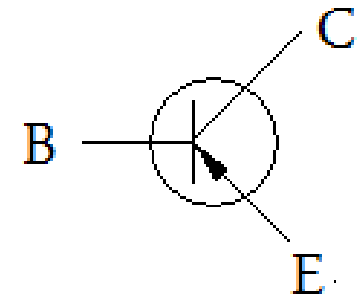
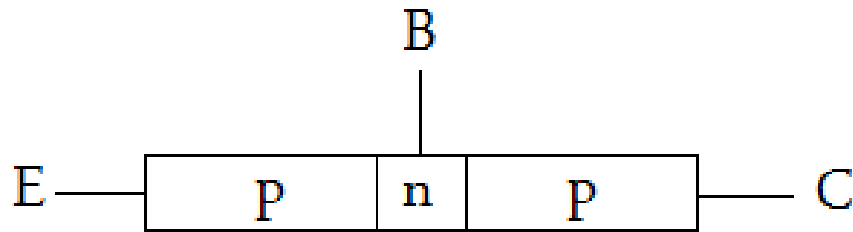
Tranzystor warstwowy składa się z dwóch złączy typu p-n lub typu n-p, które położone są blisko siebie. Istnieją dwa typy tranzystorów:

- Typ p-n-p
- Typ n-p-n

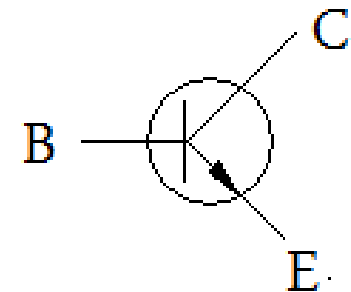
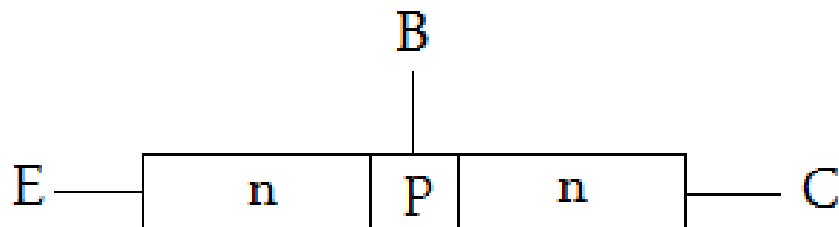
Tranzystor ma trzy elektrody:

- E – emiter
- B- baza
- C - kolektor

- Typ p-n-p



- Typ n-p-n



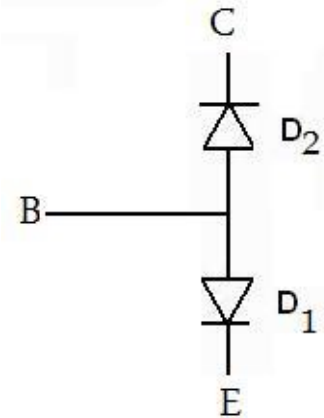
Oba typy tranzystorów spełniają w układzie te same zadania, a różnią się sposobem zasilania.

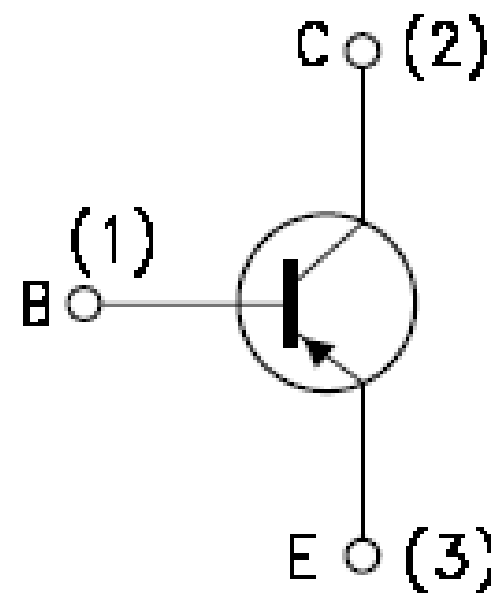
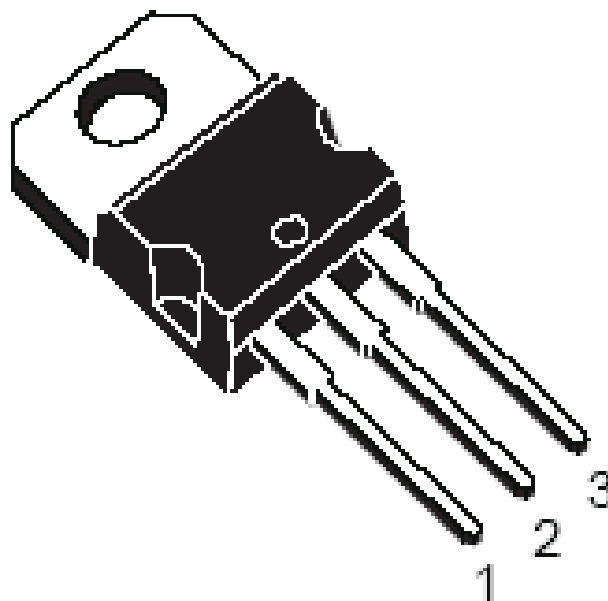
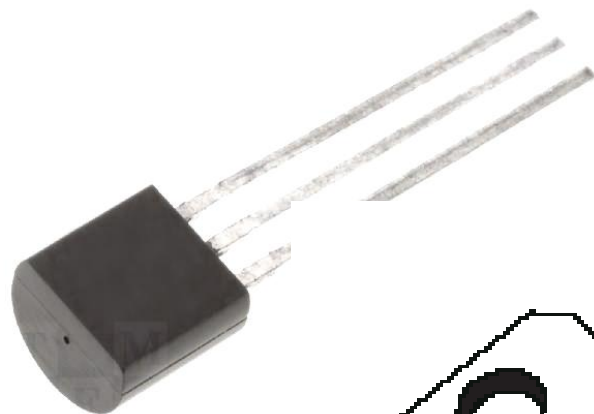
W tranzystorze typu p-n-p – kolektor i baza zasilane są z ujemnego bieguna, a emiter z dodatniego.

W tranzystorze n-p-n jest odwrotnie. Baza i kolektor zasilane są z plusa zasilania, a emiter z minusa. Tranzystory są stosowane m.in. w układach wzmacniaczy, generatorów, zasilaczy.

### Zasada działania tranzystorów

W przybliżeniu tranzystor można sobie wyobrazić jako dwie diody półprzewodnikowe połączone przeciwnie. Diodę D1 (baza emiter) włącza się do układu w ten sposób, aby była ona w stanie przewodzenia, tzn. do emitera podłącza się minus, a do bazy plus zasilania. Diodę D2 (baza kolektor) włącza się w ten sposób, aby była ona w stanie nieprzewodzenia (zaporowym). Kolektor C podłącza się do plusa zasilania





Gdy napięcie na bazie tranzystora jest niższe niż około 0,7V tranzystor jest zatkany i nie przewodzi prądu. Wtedy napięcie na kolektorze jest równe napięciu zasilającemu 12V.

Gdy zaczyna się przewodzenie tranzystora widoczny jest spadek napięcia na rezystorze kolektorowym R2.

Napięcie zmniejsza się aż uzyskuje stałą wartość, prawie równą 0 V. Jest to stan nasycenia tranzystora.

Tranzystor pracujący tylko w dwóch stanach, nasycenia i odcięcia, nazywamy kluczem.

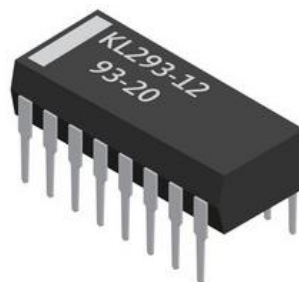
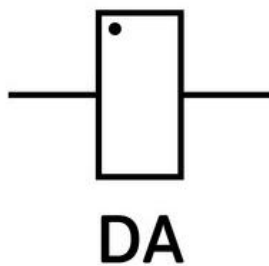
Pojawienie się wysokiego napięcia na bazie tranzystora (powyżej 0,7V) powoduje załączenie tranzystora i przepływ prądu przez Rezystor R1, napięcie na kolektorze będzie prawie równe 0V.

Taki układ działa też jak negator sygnału, co jest wykorzystywane w technice cyfrowej

Gdy na wejściu jest napięcie niskie, to na wyjściu jest napięcie zasilania 5V.

Gdy na wejście podamy napięcie 5V, na wyjściu otrzymamy napięcie prawie równe 0V.

Tak więc podając napięcie na bazę tranzystora możemy go włączyć i wtedy napięcie na kolektorze jest prawie równe potencjałowi emitera.



## BRAMKI LOGICZNE

W układach fizycznych napięcie elektryczne może reprezentować stany logiczne.

**Bramką** nazywamy prosty obwód elektroniczny realizujący funkcję logiczną.

Pewien zakres napięcia odpowiada stanowi logicznemu 0, a inny zakres stanowi logicznemu 1.

Zwyczajowo stanowi 0 przypisujemy niższe napięcie niż stanowi 1 dlatego stan logiczny 0 nazywamy stanem logicznym **niskim** i oznaczamy **L** (ang. *low*), a stan logiczny 1 nazywamy stanem logicznym **wysokim** i oznaczamy **H** (ang. *high*)

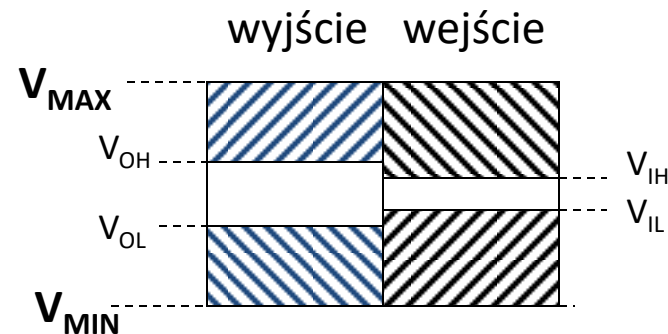
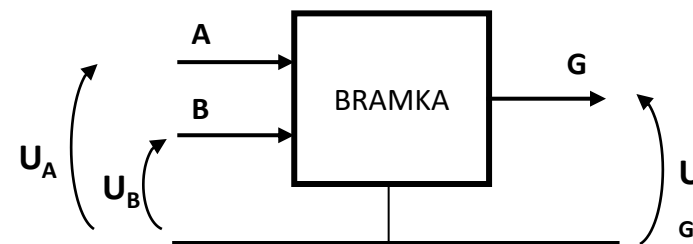
Dopuszczalne poziomy napięć dla wejść i wyjść bramek są rozsunięte dla zapewnienia marginesu zakłóceń.

$V_{OH}$  minimalne napięcie wyjścia w stanie wysokim

$V_{OL}$  maksymalne napięcie wyjścia w stanie niskim

$V_{IH}$  minimalne napięcie wejścia w stanie wysokim

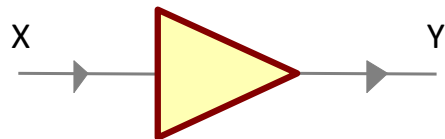
$V_{IL}$  maksymalne napięcie wejścia w stanie niskim



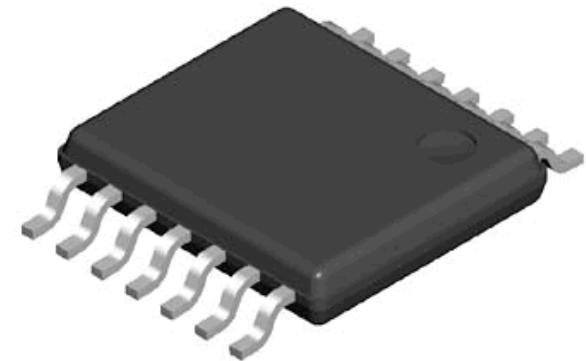
**Sterowane mogą być tylko wejścia  
bramki !**

## SYMBOLE PODSTAWOWYCH BRAMEK LOGICZNYCH

### Bramka buforująca: BUF



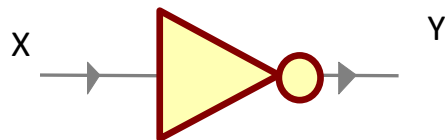
X	Y
0	0
1	1



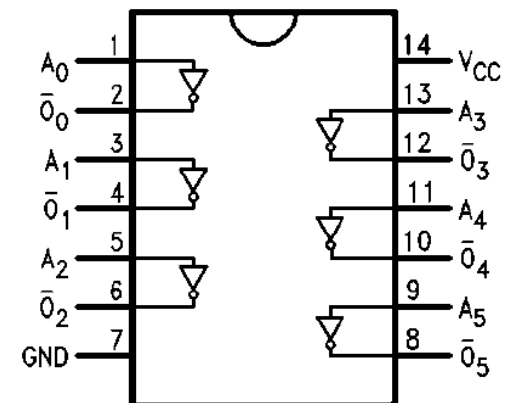
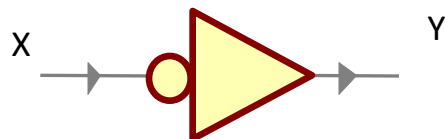
**TSSOP**

### Bramka negacji: NOT, INV

W przyjętej konwencji symboliki bramek kółko na linii sygnałowej oznacza negację zmiennej

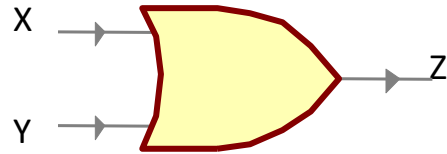


X	Y
0	1
1	0

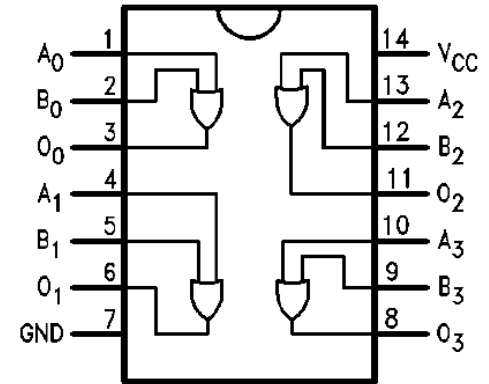


**7404**

### Bramka OR

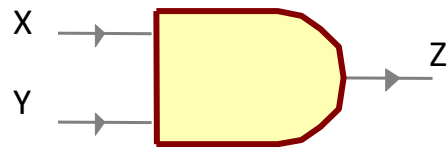


X	Y	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

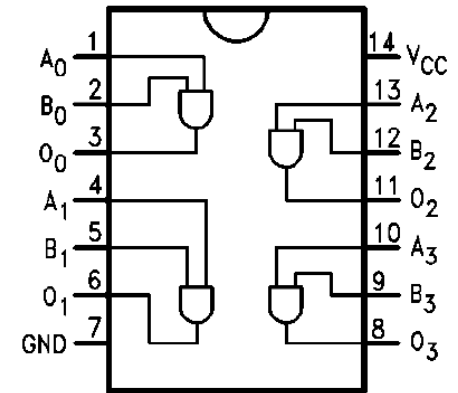


**7432**

### Bramka AND

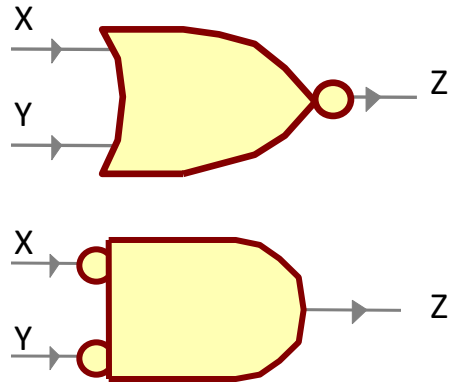


X	Y	Z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

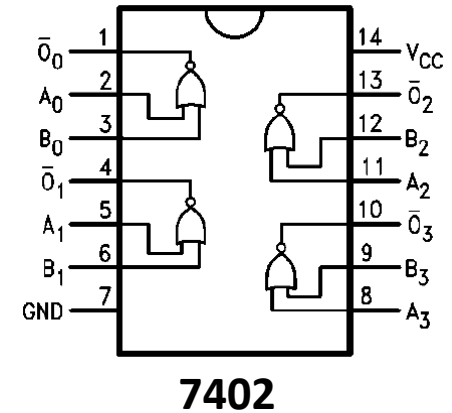


**7408**

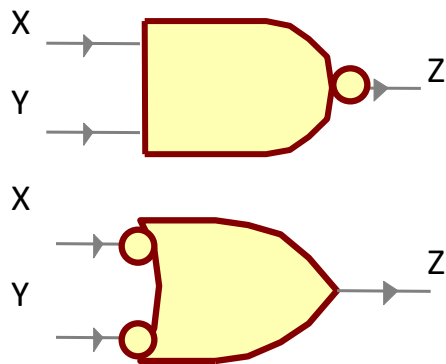
## Bramka NOR Konwersja symbolu wg. reguły „bubble pushing”



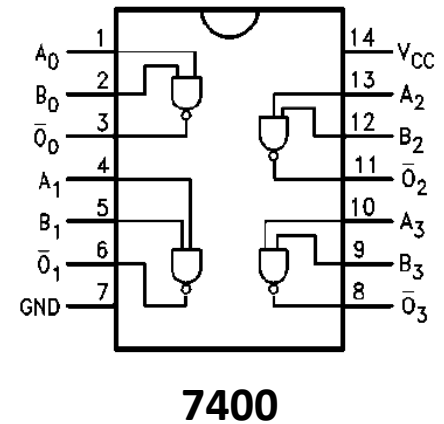
X	Y	Z
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



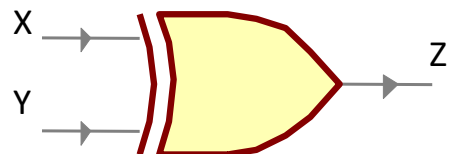
## Bramka NAND „bubble pushing”



X	Y	Z
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

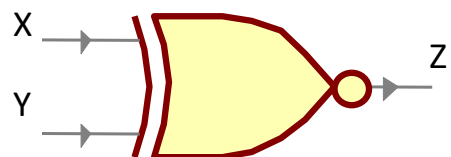


## Bramka XOR



X	Y	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

## Bramka XNOR



X	Y	Z
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Zachowanie bramki logicznej może być zapisane w postaci tablicy prawdy lub opisu słownego

Funkcja	Operator	Opis
NOT, INVERTER	$C=A'$	C jest jeden jeżeli A jest 0
AND	$C=A \cdot B$	C jest jeden jeżeli A i B są jeden
OR	$C=A + B$	C jest jeden jeżeli A lub B są jeden
XOR	$C=A \oplus B$	C jest jeden jeżeli albo A albo B jest jeden.
NAND	$C=A \uparrow B$	C jest jeden jeżeli A lub B są zero
NOR	$C=A \downarrow B$	C jest jeden jeżeli A i B są zero
BUF	$C=A \equiv B$	C jest jeden jeżeli A i B są takie same

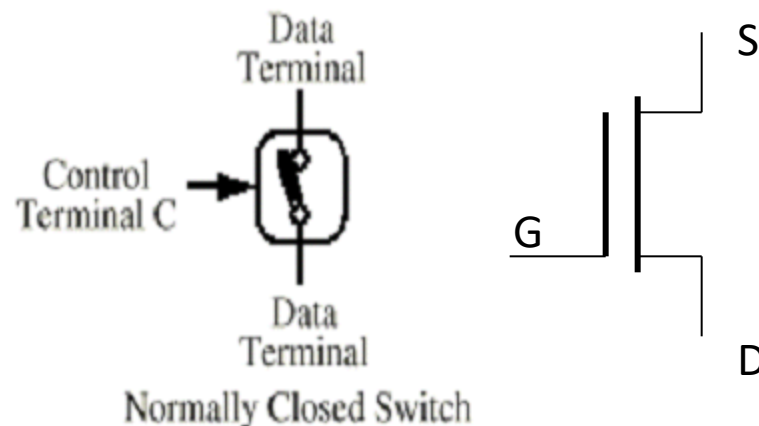
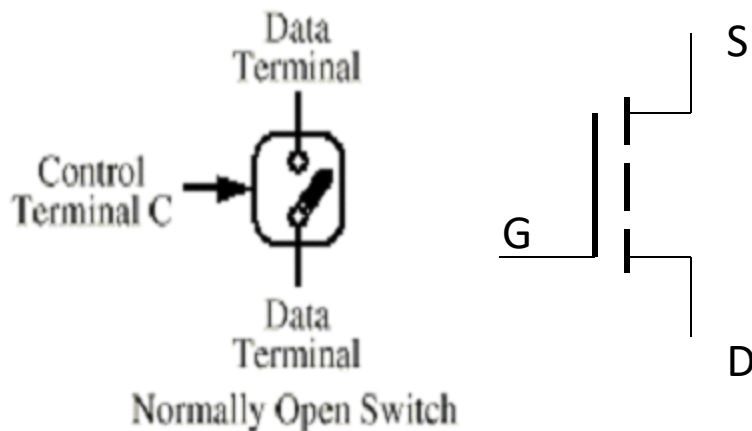
## KLUCZE

**Klucz** jest elementem trójkońcówkowym składającym się z dwóch równoważnych linii danych A i B i jednego wejścia sterującego C

- Kiedy C=0 klucz znajduje się w stanie normalnym,
- Kiedy C=1 klucz jest aktywny.

**Klucz normalnie otwarty** w stanie normalnym nie przewodzi. Węzły A i B rozwarte

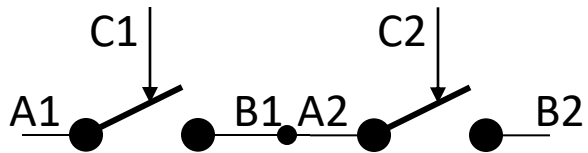
**Klucz normalnie zamknięty** w stanie normalnym przewodzi. Węzły A i B zwarte



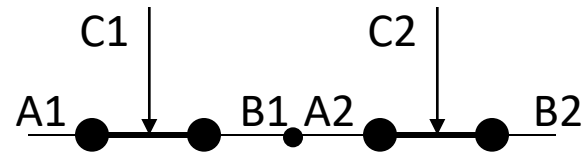
## ALGEBRA KLUCZY

W algebrze kluczy klucz przyjmuje wartość „prawda” jeżeli przewodzi

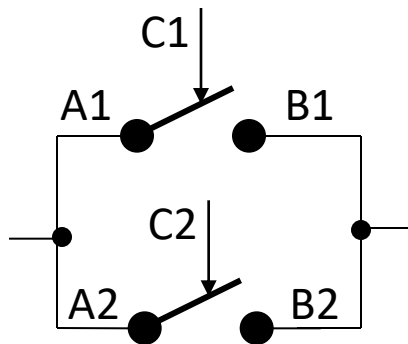
Funkcja AND  $C1 \bullet C2$



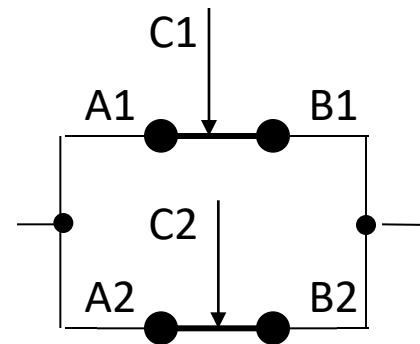
Funkcja NOR  $(C1' \bullet C2')$



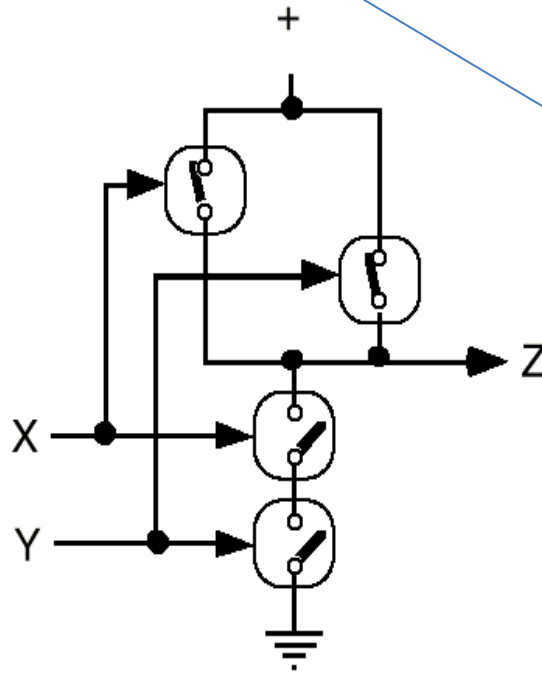
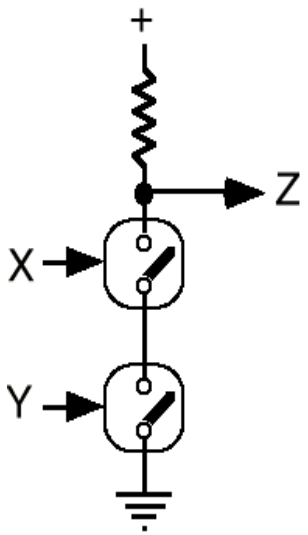
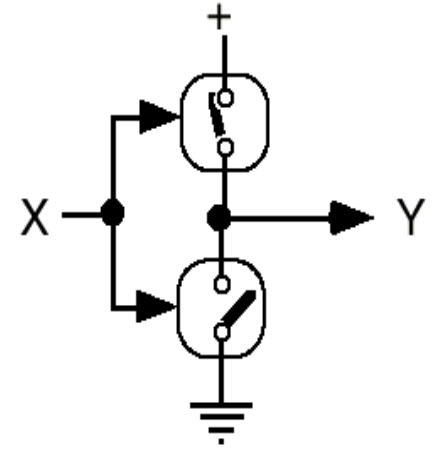
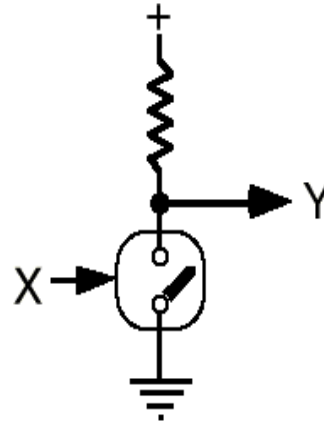
Funkcja OR  $C1 + C2$



Funkcja NAND  $C1 \bullet C2 = (C1' + C2')$

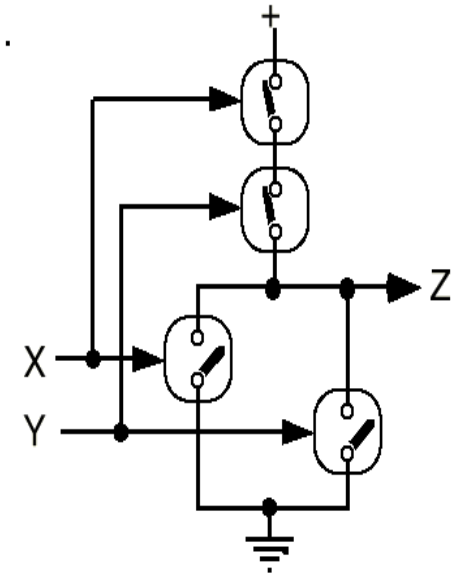
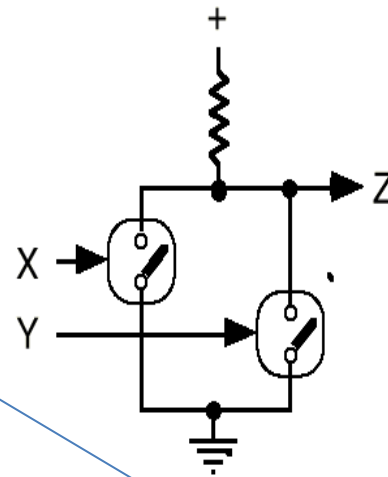


NOT



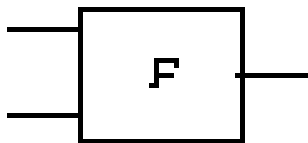
NAND

# NOR



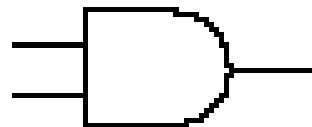
- Jeżeli założymy, że dodatnia wartość napięcia na bramce odpowiada stanowi logicznemu **1** to mówimy że układ pracuje w logice **dodatniej**,
- Jeżeli założymy, że dodatnia wartość napięcia na bramce odpowiada stanowi logicznemu **0** to mówimy że układ pracuje w logice **ujemnej**,
- W praktyce bramki realizuje się w logice dodatniej

Bramka fizyczna



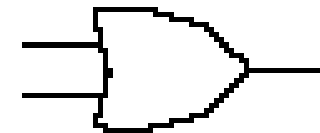
A	B	F
low	low	low
low	high	low
high	low	low
high	high	high

Logika dodatnia



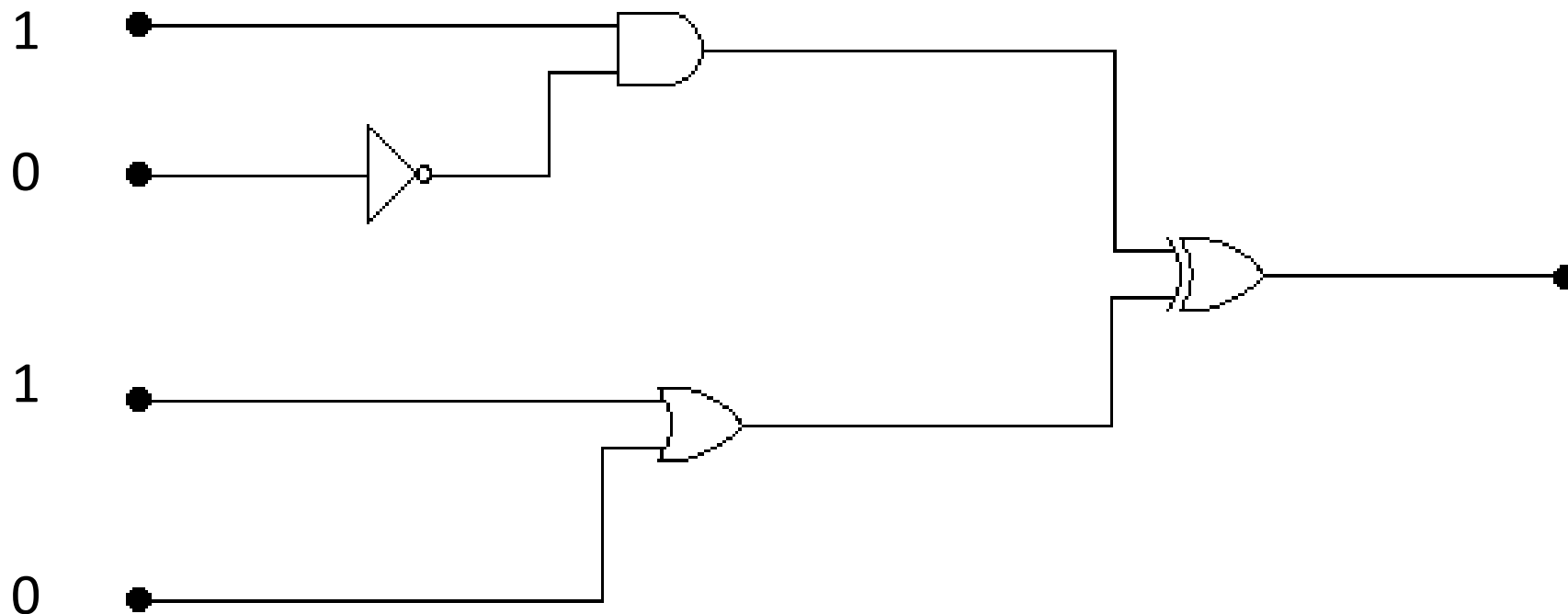
A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

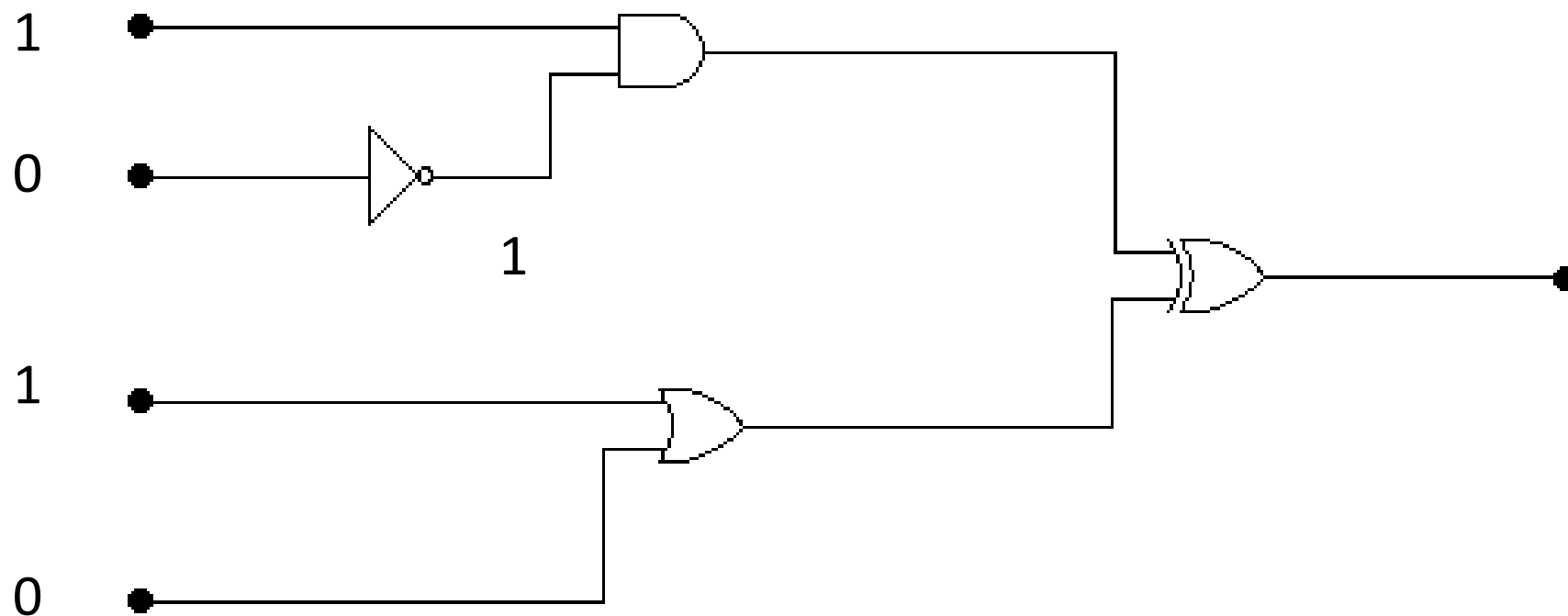
Logika ujemna

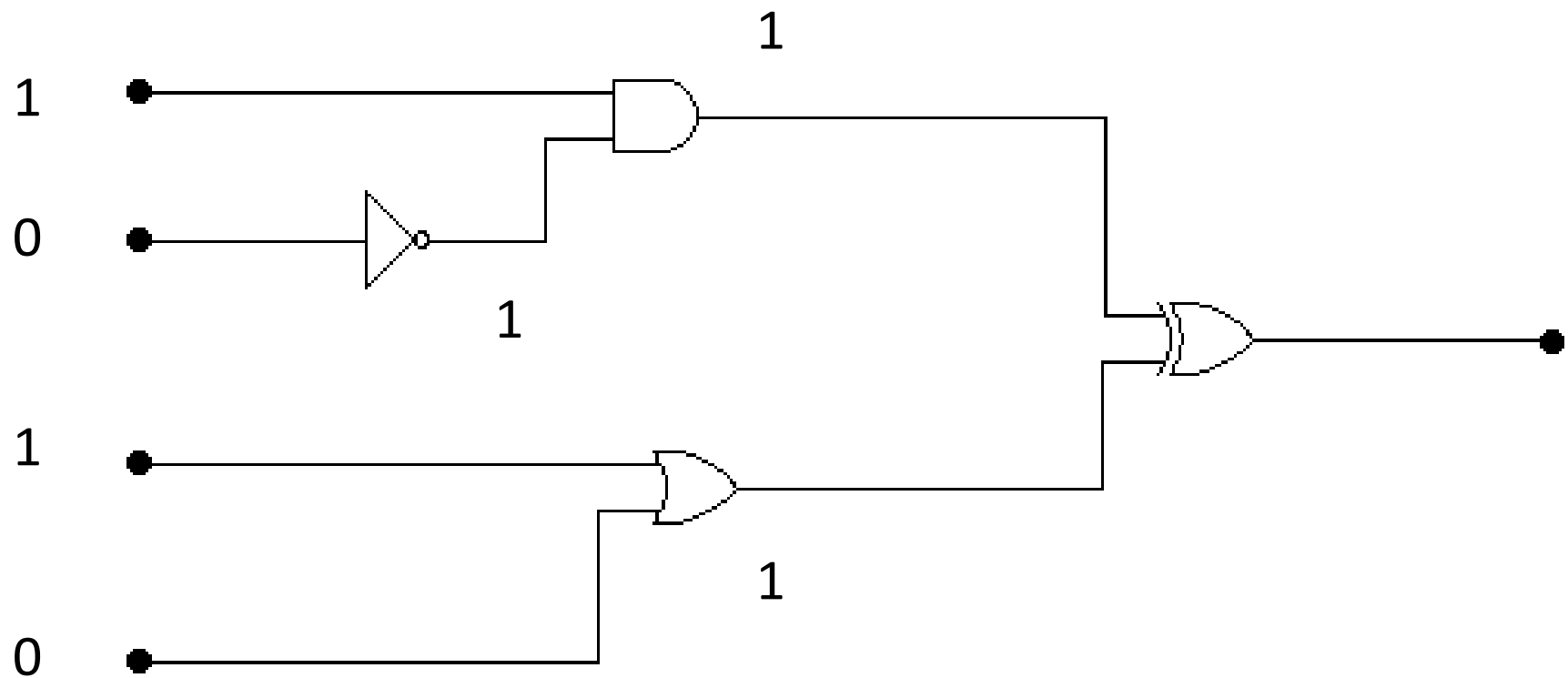


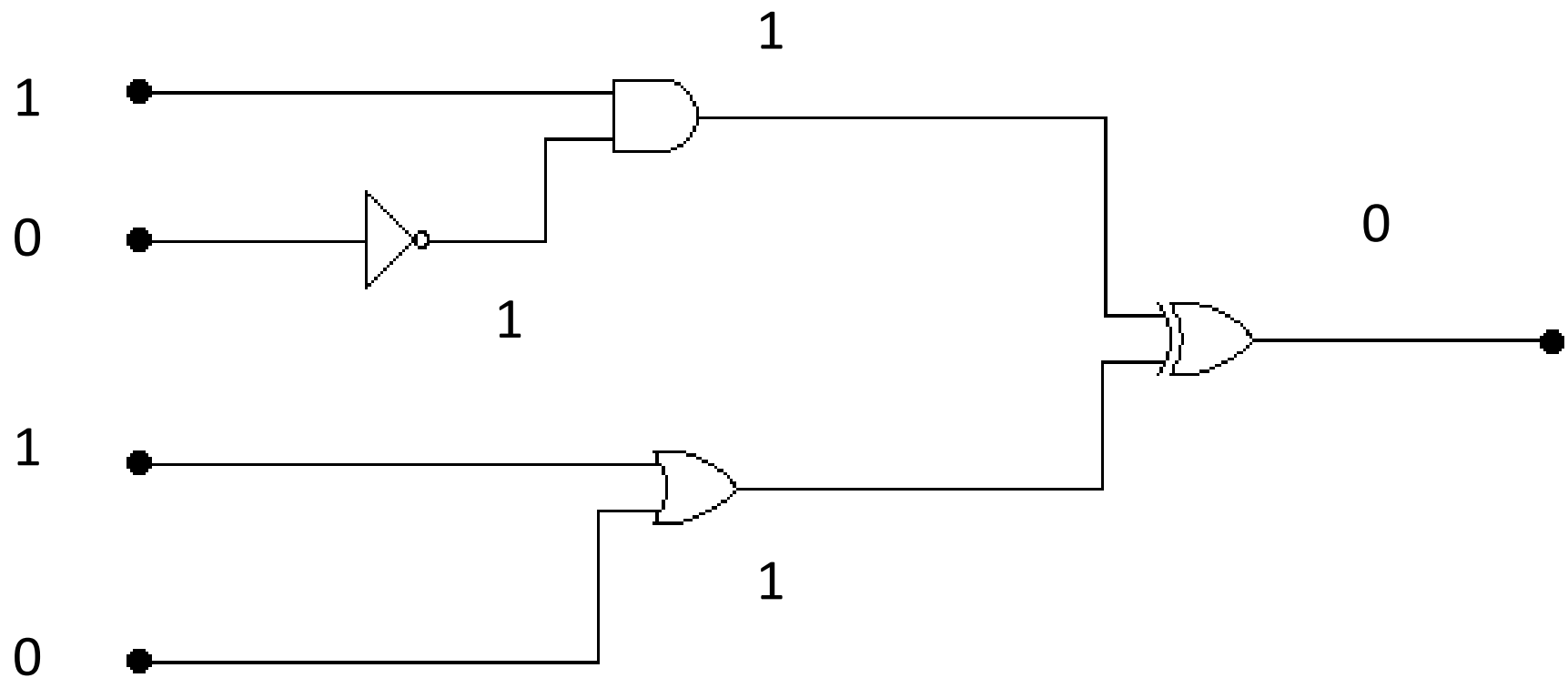
A	B	F
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

## ANALIZA PRZYKŁADOWEGO UKŁADU

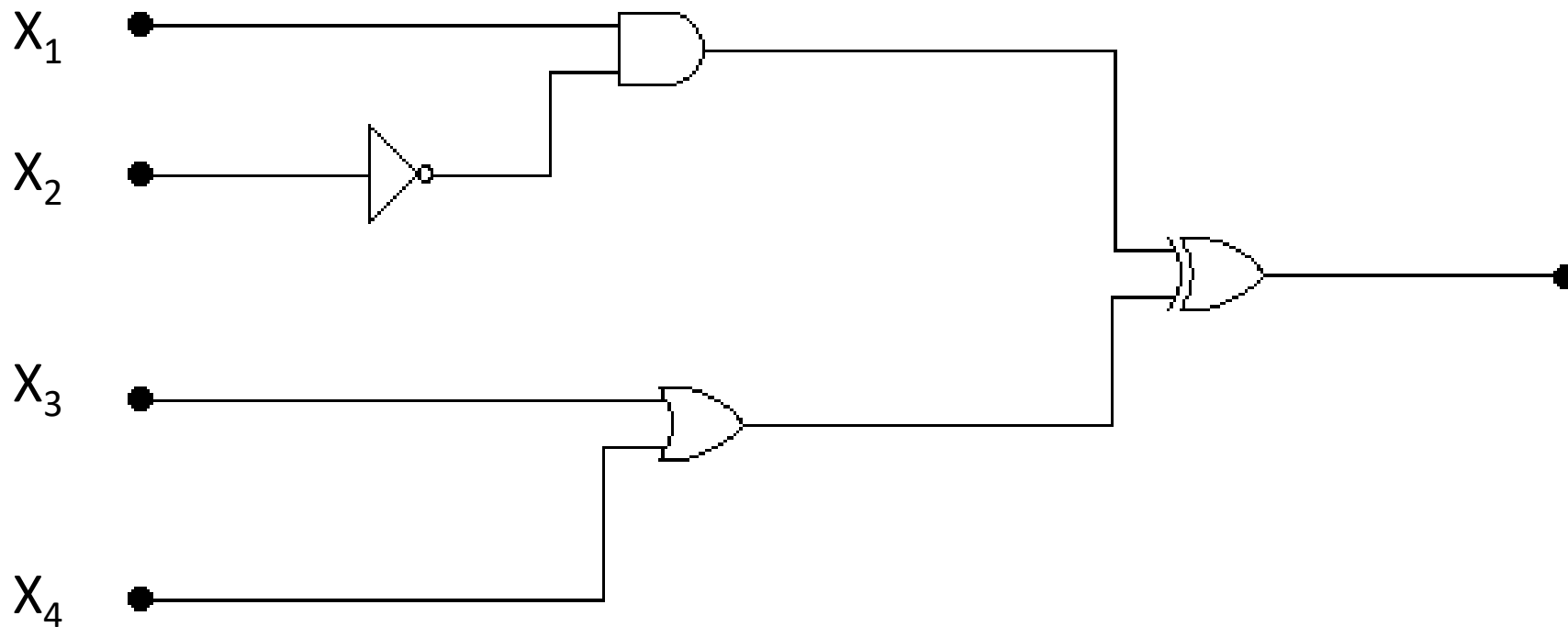


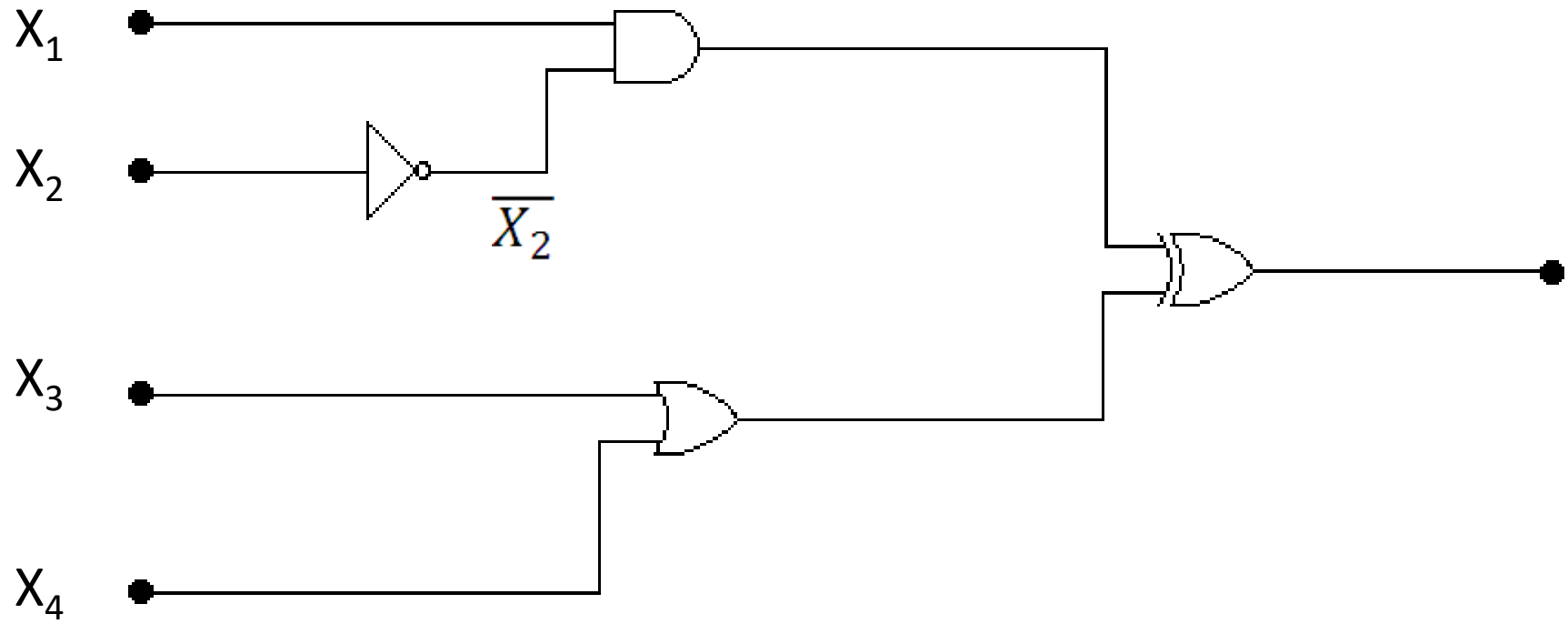


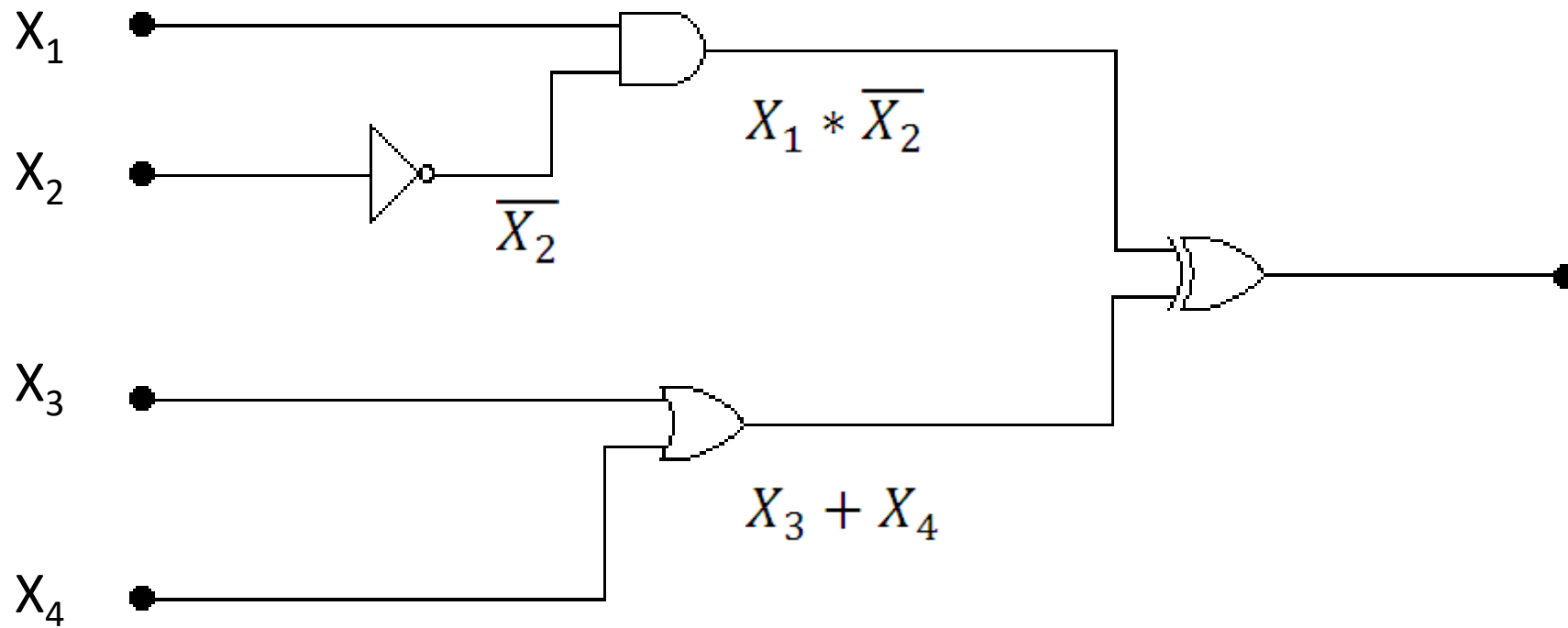




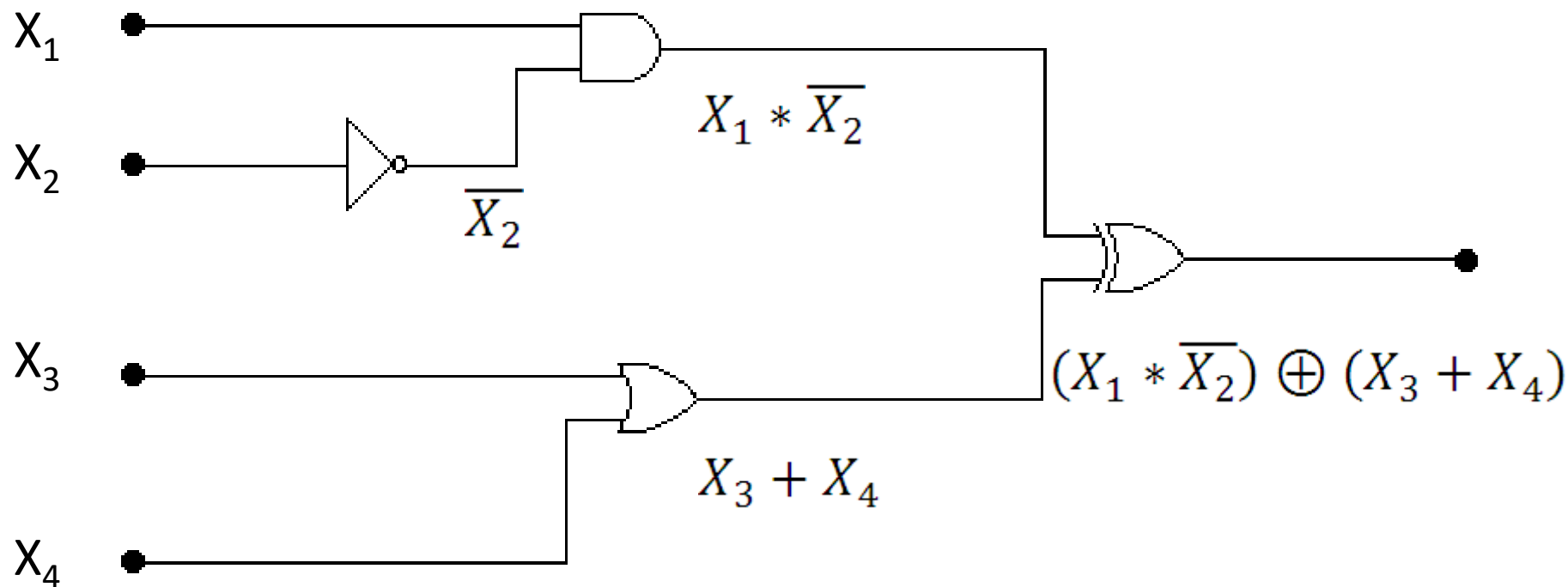
## TWORZENIE RÓWNANIA FUNKCJI LOGICZNEJ







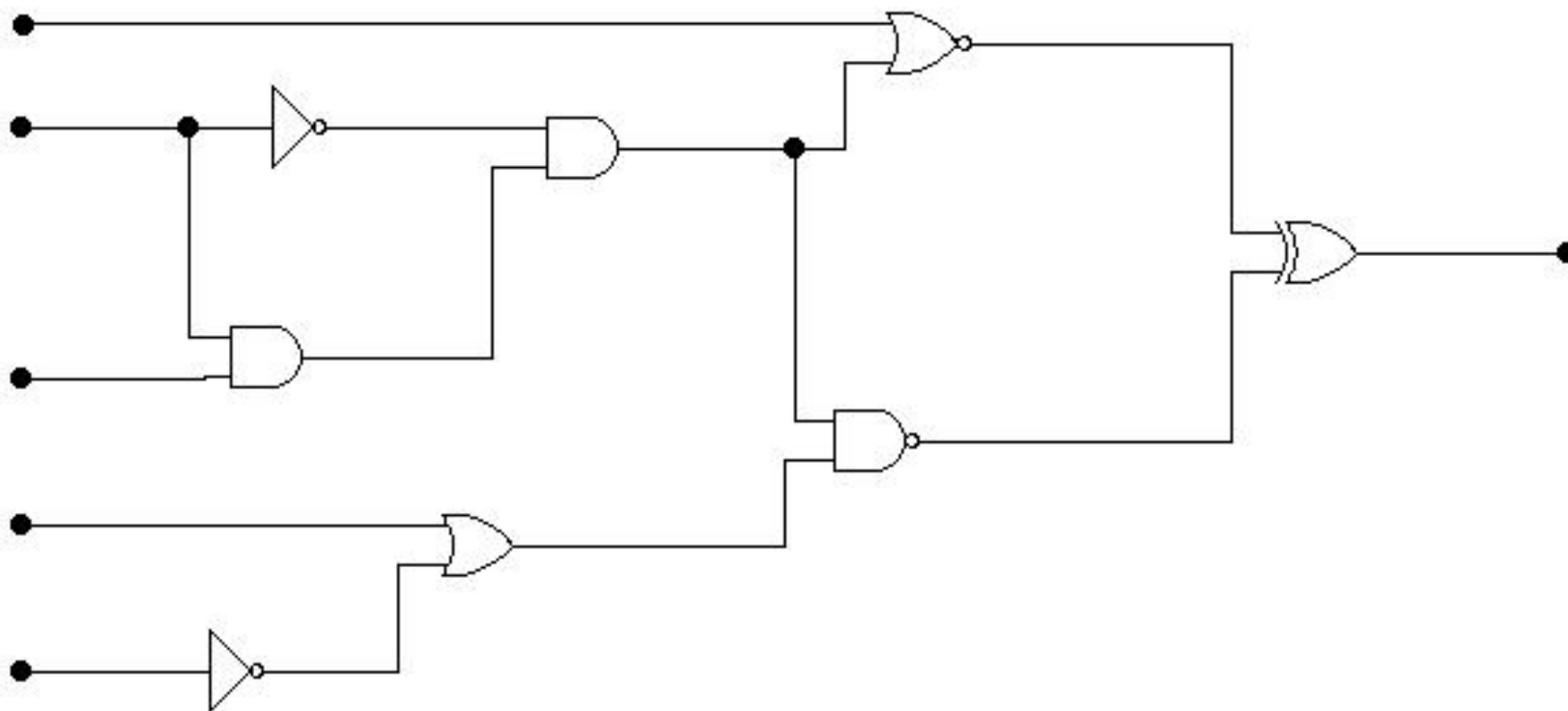
## ANALIZA PRZYKŁADOWEGO UKŁADU



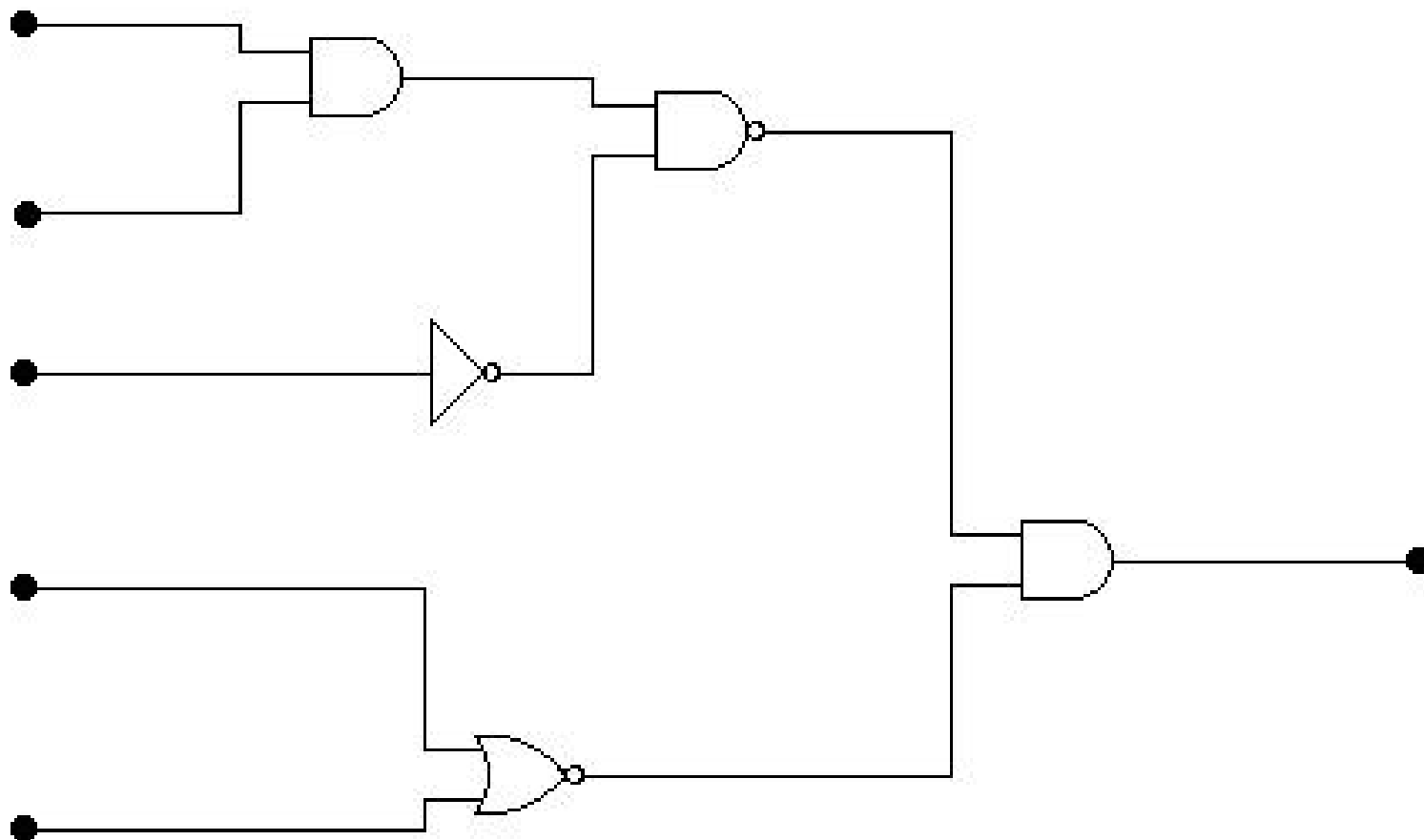
$$Y = (X_1 * \overline{X_2}) \oplus (X_3 + X_4)$$

1. Przeanalizuj działanie następujących układów
2. Do poniższych układów napisz funkcję logiczną, którą realizują.

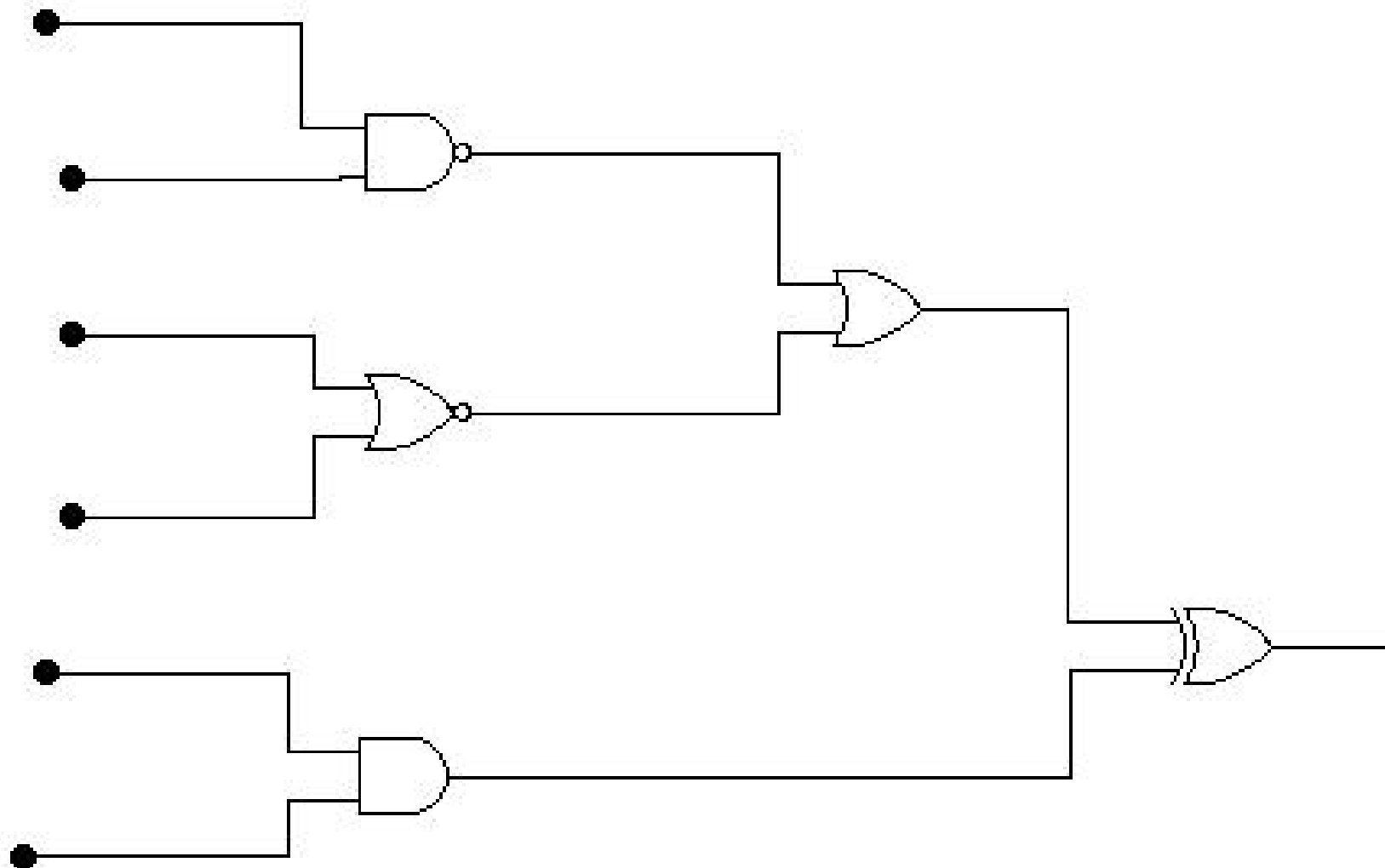
## Układ nr 1



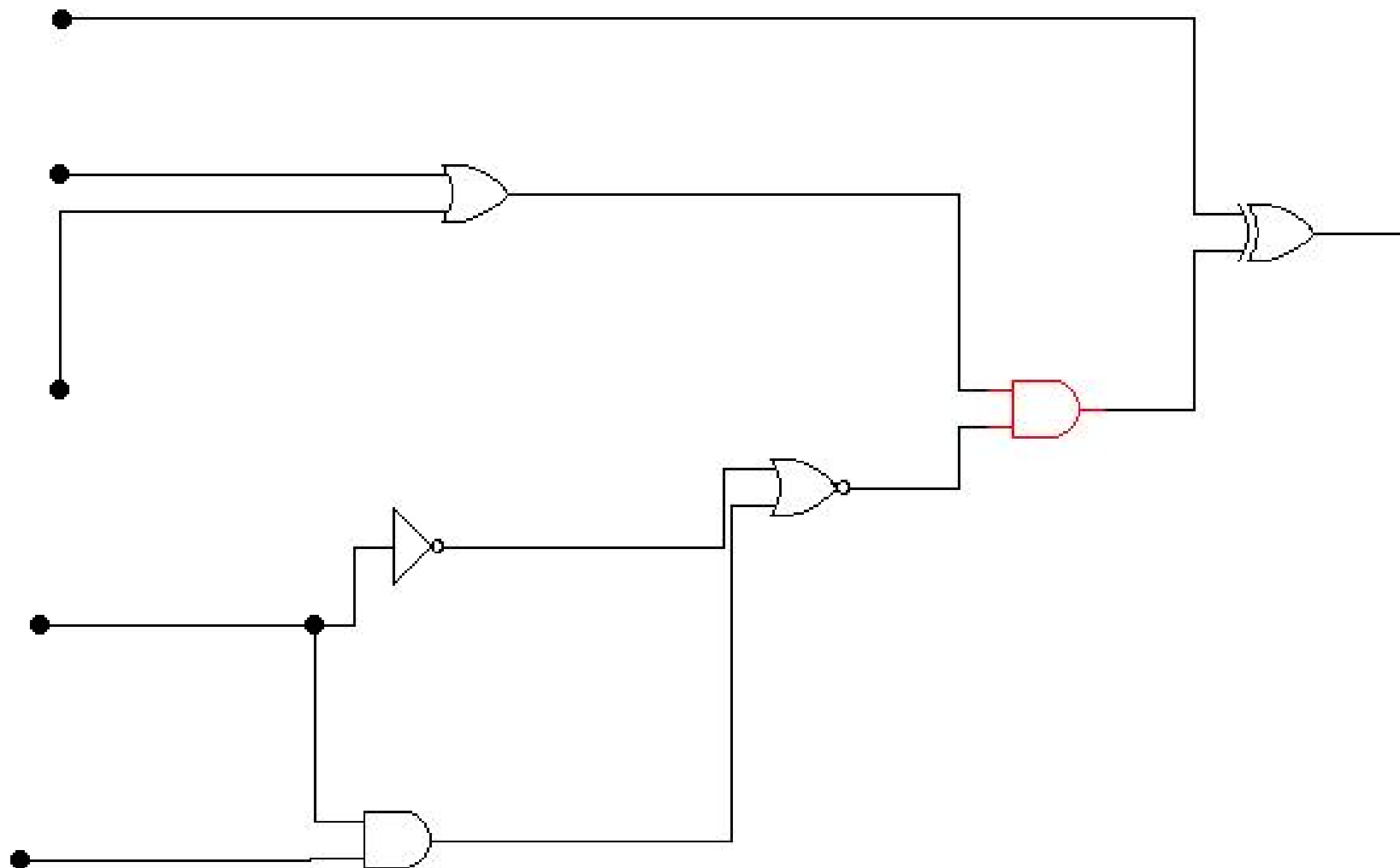
## Układ nr 2



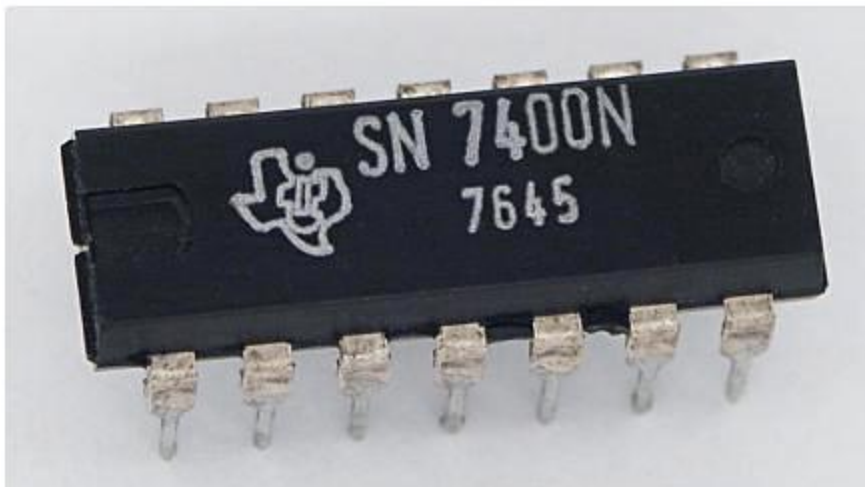
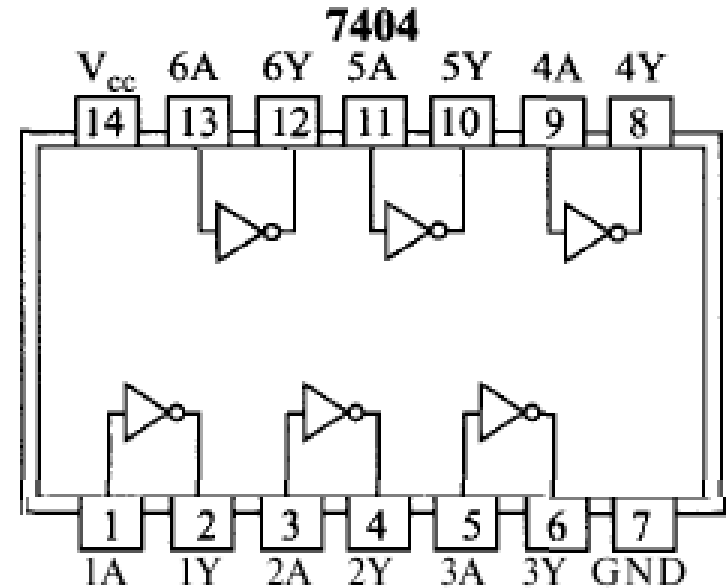
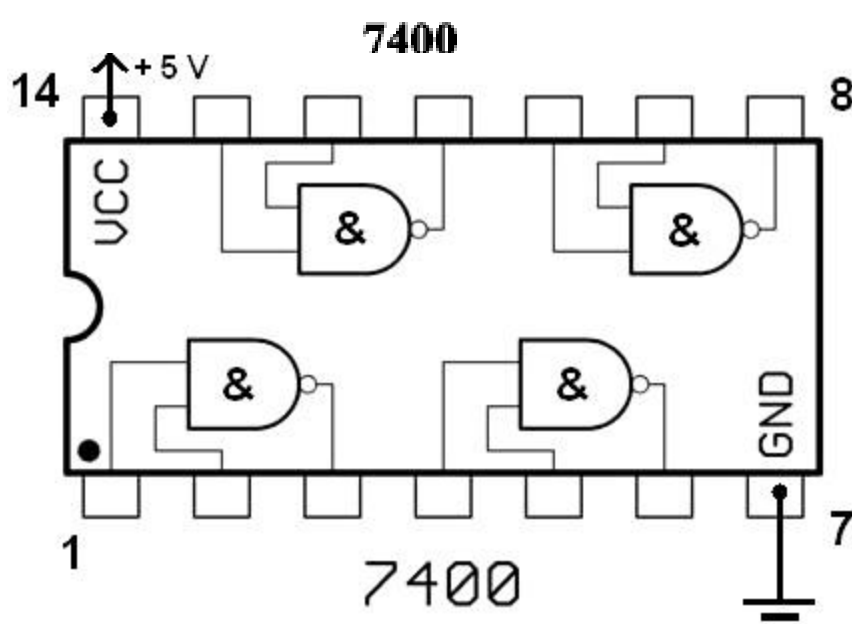
### Układ nr 3



### Układ nr 4



### Układy scalone z bramkami (funktorami) logicznymi



# Dziękuję za uwagę



mgr inż. Robert Czak

*tel: 0048 603687444*

*mail: robert.czak@op.pl*