



# Rozkład materiału

<b>Blok tematyczny</b>	<b>I. godzin</b>	
Elementy bierne	8	
Elementy półprzewodnikowe	12	
Elementy stykowe	6	
Układy analogowe	14	
Układy cyfrowe	14	
Układy automatyki	10	

# Przedrostki wielokrotności i podwielokrotności jednostek miar

Nazwa	Symbol	Mnożnik	Mnożnik	Nazwa mnożnika	Przykład
tera	T	1 000 000 000 000	$10^{12}$	bilion	THz – <u>teraherc</u>
giga	G	1 000 000 000	$10^9$	miliard	GHz – <u>gigaherc</u>
mega	M	1 000 000	$10^6$	milion	MV – <u>megavolt</u>
kilo	k	1 000	$10^3$	tysiąc	kΩ – <u>kiloom</u>
		$1 = 10^0$	$10^0$	jeden	A – <u>amper</u>
mili	m	0,001	$10^{-3}$	jedna tysięczna	ms – <u>milisekunda</u>
mikro	μ	0,000 001	$10^{-6}$	jedna milionowa	μH – <u>mikrohenr</u>
nano	n	0,000 000 001	$10^{-9}$	jedna miliardowa	nF – <u>nanofarad</u>
piko	p	0,000 000 000 001	$10^{-12}$	jedna bilionowa	pF – <u>pikofarad</u>

$$1\text{mA} = 0.001\text{A}$$

$$10\text{MHz} = 10000000\text{Hz}$$

$$0.001\text{V} = 1\text{mV}$$

$$1\mu\text{s} = 0.000001\text{s}$$

$$1\text{cal} = 2.54\text{cm}$$

$$1\text{cal} = 25.4\text{mm}$$

$$1\text{cal} = 0.0254\text{m}$$

# Elementy bierne

Z punktu widzenia funkcji spełnianych w układach elektronicznych, istotne są następujące podziały (klasyfikacje):

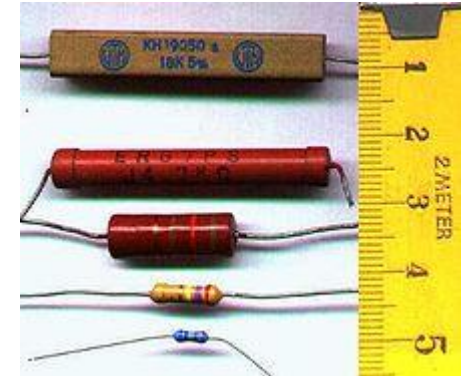
- elementy liniowe lub nieliniowe;
- elementy inercyjne lub bezinercyjne;
- elementy stratne lub bezstratne;
- elementy czynne (aktywne) lub bierne (pasywne).

**Element elektroniczny bierny (pasywny)** – element elektroniczny nie wytwarzający energii elektrycznej. Element bierny nie jest źródłem, zatem występują na nim tylko straty energii. Taki element może jednak magazynować energię elektryczną: cewka w polu magnetycznym, zaś kondensator – w polu elektrycznym.

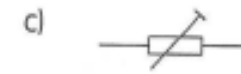
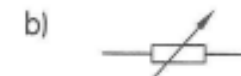
- Rezystory, cewki, kondensatory - elementy RLC
- Transformatory
- Filtry piezoelektryczne



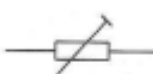
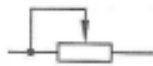
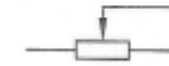
# Rezystory



- **Rezystory** są elementami biernymi obwodów elektrycznych, w których najważniejszym parametrem jest rezystancja służącymi do:
  - ustalania wartości prądów i napięć (prawo Ohma  $U=IR$ ), dzielniki napięć i prądów
  - ustalania punktów pracy elementów aktywnych
  - ustalania stałych czasowych w obwodach RL i RC
- **Klasyfikacja rezystorów:**
  - Technologia wykonania: objętościowe, warstwowe, drutowe
  - Konstrukcja: stałe, nastawne
  - Charakterystyka: liniowe, nieliniowe
  - Zależność rezystancji: fotorezystory, warystory i termistory w których rezystancja zmienia się w zależności od oświetlenia, napięcia lub temperatury.
- **Parametry rezystorów:**
  - Rezystancja znamionowa, opór: jednostka [ $\Omega$ ] Ohm
  - Tolerancja (dokładność): jednostka [%] (20%, 10%, 5%, precyzyjne <1%)
  - Napięcie znamionowe
  - Moc znamionowa: jednostka [W] Wat - największa dopuszczalna moc możliwa do wydzielenia w postaci ciepła, bez uszkodzenia rezystora



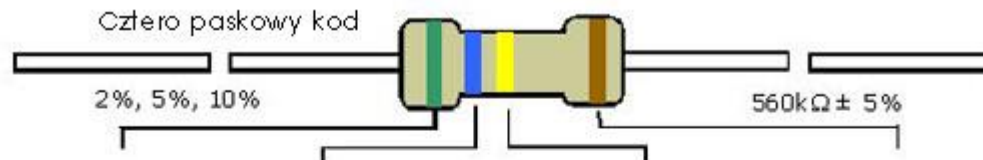
Symbole rezystorów: stałe (a),  
zmiennie (b) i nastawcze (c)



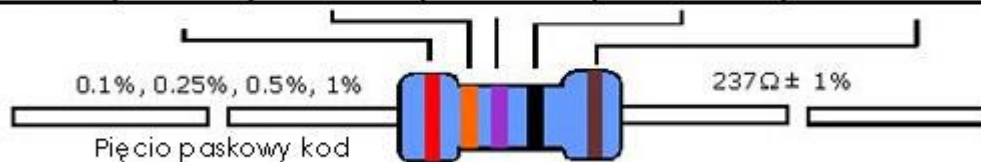
# Oznaczenia rezystorów

Producenci podają w oznaczeniach rezystorów tylko najważniejsze parametry, czyli rezystancję nominalną, tolerancję (wyrażoną w procentach klasę dokładności) i moc znamionową. W przypadku małych oporników gdzie nie ma miejsca napisy stosuje się oznaczenie kodowe: cyfrowo-literowe lub barwnych pasków.

W oznaczeniu cyfrowo-literowym IEC w miejscu przecinka dziesiątego znajduje się litera oznaczająca mnożnik: R = 1, K=1000 (kΩ), M=1000000 (MΩ). W standardzie MIL trzecia cyfra oznacza mnożnik przez który trzeba pomnożyć dwie pierwsze liczby.



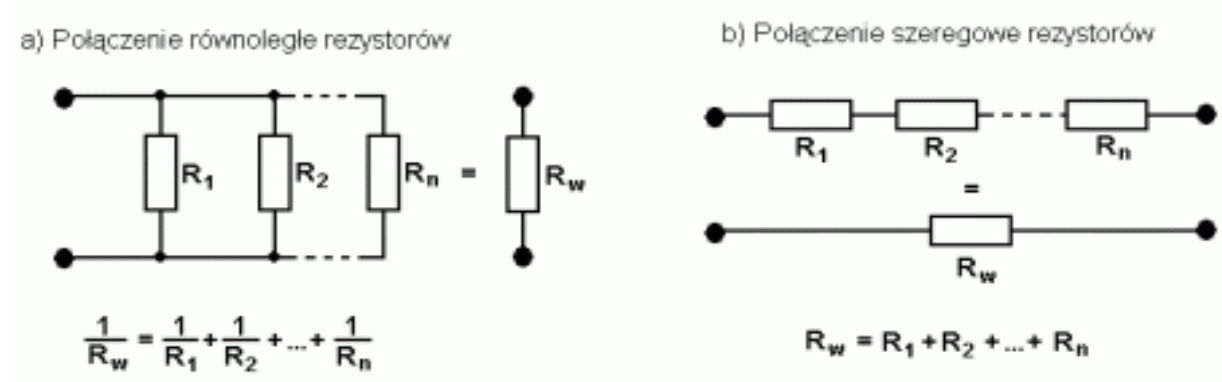
KOLOR	PASEK 1	PASEK 2	PASEK 3	MNOŻNIK	TOLERANCJA
Czarny	0	0	0	1Ω	
Brązowy	1	1	1	10Ω	± 1% (F)
Czerwony	2	2	2	100Ω	± 2% (G)
Pomarańcz	3	3	3	1KΩ	
Żółty	4	4	4	10KΩ	
Zielony	5	5	5	100KΩ	±0.5% (D)
Niebieski	6	6	6	1MΩ	±0.25% (C)
Fioletowy	7	7	7	10MΩ	±0.10% (B)
Szary	8	8	8		±0.05%
Biały	9	9	9		
Złoty				0.1	± 5% (J)
Srebrny				0.01	± 10% (K)



oznaczenie IEC	oznaczenie MIL	rezystancja
R47	R47	0,47 Ω
6R8	6R8	6,8 Ω
27R	270	27 Ω
820R, K82	821	820 Ω
4K7	472	4,7 k Ω
56K	563	56 k Ω
470K, M47	474	470 k Ω
2M7	275	2,7 M Ω
56M	566	56 M Ω

oznaczenie:	N	M	K	J	G	H
tolerancja:	30 %	20 %	10 %	5 %	2 %	1 %

# Łączenie rezystorów



**Zadanie 5:** Oblicz rezystancję wypadkową połączenia szeregowego i równoległego dwóch rezystorów  $R_1=4\Omega$  i  $R_2=5\Omega$

**Połączenie szeregowe:**

$$R = R_1 + R_2 = 4 + 5 = 9\Omega$$

**Połączenie równoległe:**

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{4} + \frac{1}{5} = \frac{5 + 4}{20} = \frac{9}{20}$$

Obliczyliśmy odwrotność rezystancji, więc

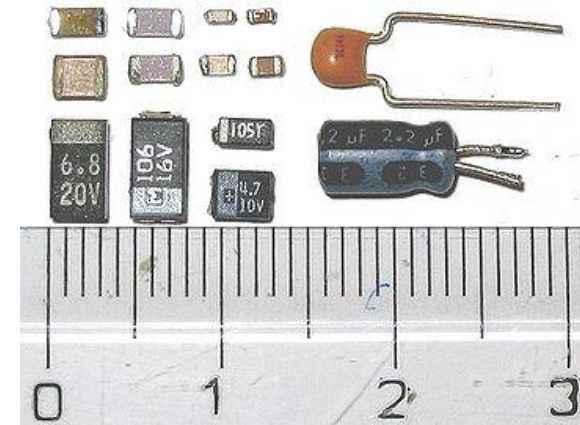
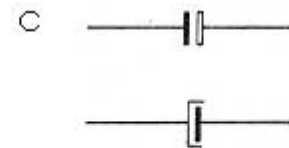
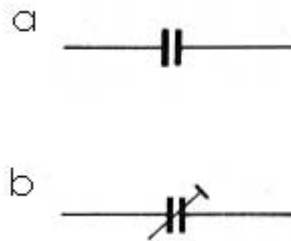
$$R = 20/9 \Omega = 2\frac{2}{9}\Omega = 2.22\Omega$$

# Kondensatory

- **Kondensator** – element elektryczny (elektroniczny), zbudowany z dwóch przewodników (okładek) rozdzielonych dielektrykiem. Doprowadzenie napięcia do okładek kondensatora powoduje zgromadzenie się na nich ładunku elektrycznego.
- Kondensator charakteryzuje pojemność określająca zdolność kondensatora do gromadzenia ładunku:  $C=Q/U$  gdzie:
  - C – pojemność, w faradach [F]
  - Q – ładunek zgromadzony na jednej okładce, w kulombach [C]
  - U – napięcie elektryczne między okładkami, w woltach [V].
- Jeden farad to bardzo duża jednostka, dlatego w praktyce spotyka się kondensatory o pojemnościach piko-, nano-, mikro- i milifaradów (pF, nF, uF, mF).
- **Podstawowe parametry:** pojemność, maksymalne napięcie

## Symbole kondensatorów

- a – stały,
- b – nastawczy/trymer,
- c – elektrolityczne,
- d – zmienne.



Kondensator gromadzi energię w postaci pola elektrycznego

$$E=CU^2/2$$



# Rodzaje kondensatorów

Podział kondensatorów:

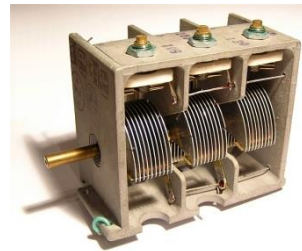
- **Ze względu na zastosowanie:**

- stały
- zmienne
  - strojeniowe,
  - dostrojcze/trymery

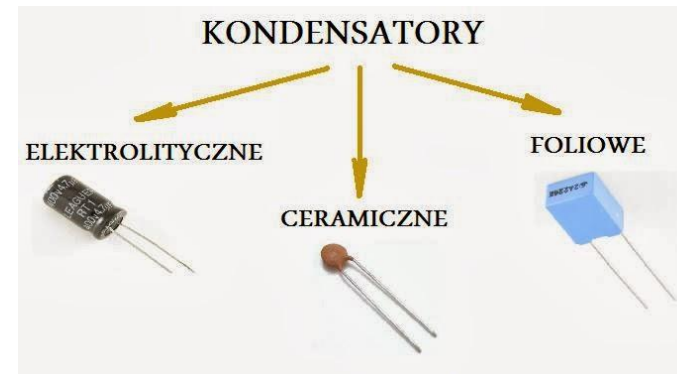
- **Ze względu na typ dielektryka:**

- Powietrzne,
- ceramiczne,
- foliowe,
- papierowe
- elektrolityczne (dielektrykiem jest elektrolit – tlenek aluminium, tantal)

zmienny

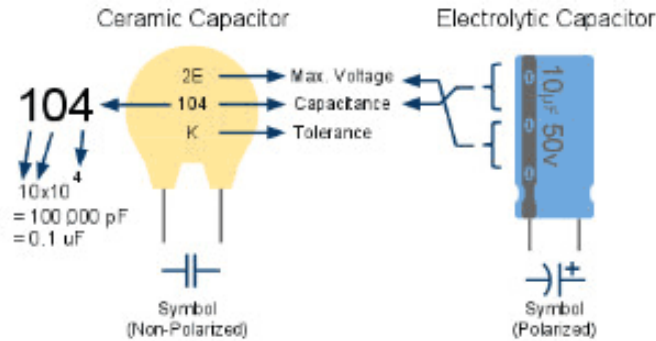


trymery



**Uwaga:** kondensatory elektrolityczne mają określoną biegunowość +/-, co oznacza że dołączenie odwrotnego napięcia może go uszkodzić.

# Oznaczenia kodowe kondensatorów



Max. Operating Voltage	
Code	Max. Voltage
1H	50V
2A	100V
2T	150V
2D	200V
2E	250V
2G	400V
2J	630V

103 -  $10 \times 10^3 = 10.000 \text{ pF} = 10 \text{ nF}$   
 472 -  $47 \times 10^2 = 4700 \text{ pF} = 4,7 \text{ nF}$   
 684 -  $68 \times 10^4 = 680000 \text{ pF} = 680 \text{ nF}$

Capacitance Conversion Values		
Microfarads ( $\mu\text{F}$ )	Nanofarads (nF)	Picofarads (pF)
0.000001 $\mu\text{F}$	0.001 nF	1 pF
0.00001 $\mu\text{F}$	0.01 nF	10 pF
0.0001 $\mu\text{F}$	0.1 nF	100 pF
0.001 $\mu\text{F}$	1 nF	1,000 pF
0.01 $\mu\text{F}$	10 nF	10,000 pF
0.1 $\mu\text{F}$	100 nF	100,000 pF
1 $\mu\text{F}$	1,000 nF	1,000,000 pF
10 $\mu\text{F}$	10,000 nF	10,000,000 pF
100 $\mu\text{F}$	100,000 nF	100,000,000 pF

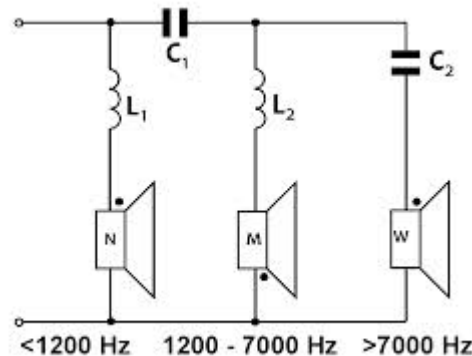
Tolerance	
Code	Percentage
B	$\pm 0.1 \text{ pF}$
C	$\pm 0.25 \text{ pF}$
D	$\pm 0.5 \text{ pF}$
F	$\pm 1\%$
G	$\pm 2\%$
H	$\pm 3\%$
J	$\pm 5\%$
K	$\pm 10\%$
M	$\pm 20\%$
Z	+80%, -20%

kod	pojemność	pojemność
0,5	0,5pF	0,5pF
1,5	1,5pF	1,5pF
15	15pF	15pF
151	150pF	150pF
152	1500pF	1,5nF
103	10000pF	10nF
154	150000pF	150nF
155	1500000pF	1,5 $\mu\text{F}$
156	15000000pF	15 $\mu\text{F}$
157	150000000pF	150 $\mu\text{F}$
158	1500000000pF	1,5mF
159	15000000000pF	15mF

# Zastosowania kondensatorów

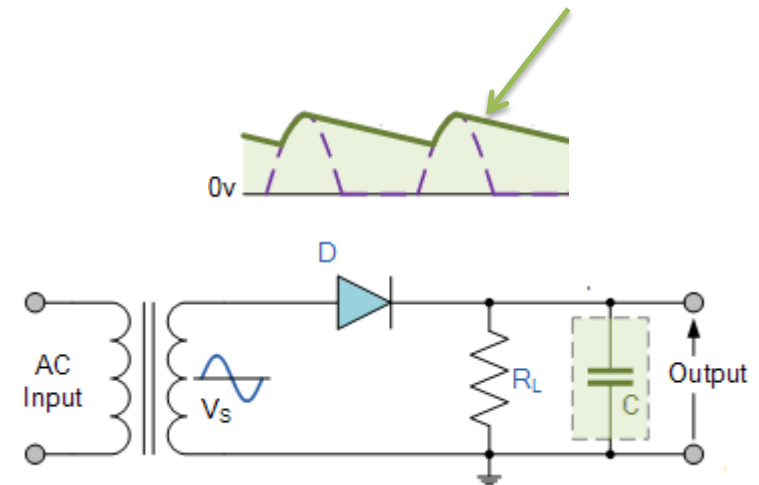
## Elektronik używa kondensatorów do:

- odcinania napięć stałych w obwodzie,
- filtracji tętnień w układach zasilających,
- pomiaru czasu, stosując rozładowanie kondensatora,
- budowania obwodów oscylacyjnych z cewką (obwody rezonansowe),
- budowania filtrów RC, RL dla określonych częstotliwości,
- sprzęgania pomiędzy stopniami wzmacniacza.



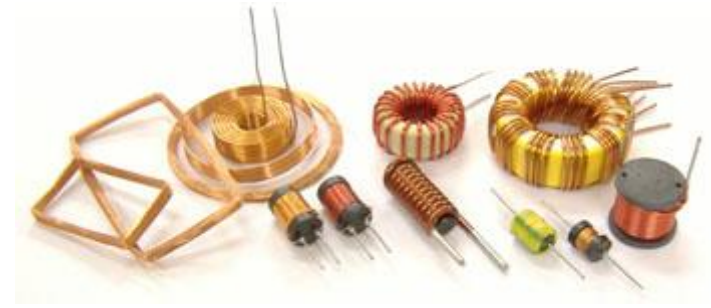
Zwrotnica głośnikowa – filtracja częstotliwości

Zastosowanie kondensatora zmniejsza tętnienia, kondensator magazynuje energię podczas przewodzenia diody i oddaje ją w chwilach, gdy dioda nie przewodzi



Filtracja tętnień w układzie zasilacza

# Cewki



- W układach elektronicznych cewki są stosowane w obwodach rezonansowych, filtrach i układach sprzęgających
- Cewką nazywamy zwojnicę, której podstawowym parametrem jest indukcyjność.
- Cewki dzielimy na
  - bezrdzeniowe (powietrzne) lub z rdzeniem ferromagnetycznym
  - jednowarstwowo lub wielowarstwowo
  - cylindryczne, płaskie, toroidalne
- Podstawowe parametry: indukcyjność – jednostką jest henr [H], maksymalny prąd.
- Cewka gromadzi energię w postaci pola magnetycznego  $E=LI^2/2$
- Symbol cewek: zmienna, z rdzeniem, stała



# Transformator

**Transformator** – maszyna elektryczna służąca do przenoszenia energii elektrycznej prądu przemiennego drogą indukcji z jednego obwodu elektrycznego do drugiego, z zachowaniem pierwotnej częstotliwości. Zwykle zmieniane jest równocześnie napięcie elektryczne (wyjątek stanowi transformator separacyjny, w którym napięcie nie ulega zmianie) (wikipedia).

## Parametry transformatora:

W transformatorze idealnym (bez zstrat):

$$P_{we} = P_{wy}$$

$$U_{we} \cdot I_{we} = U_{wy} \cdot I_{wy}$$

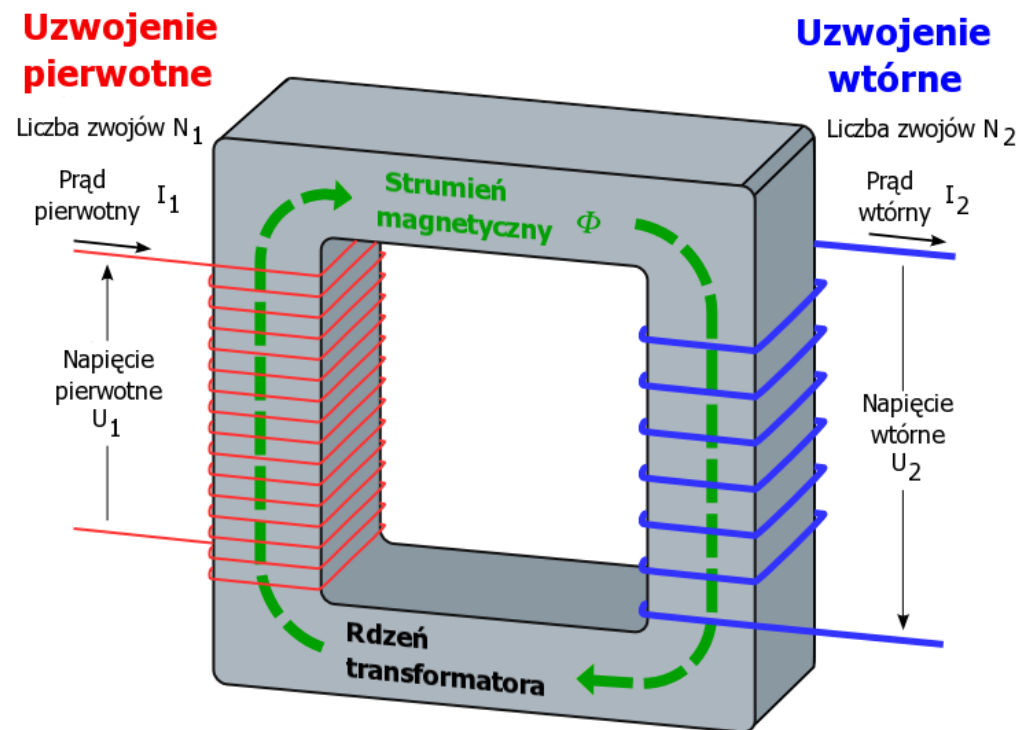
$$\frac{U_{we}}{U_{wy}} = \frac{I_{wy}}{I_{we}} = \frac{N_1}{N_2} = \eta$$

$\eta$  – przekładnia transformatora

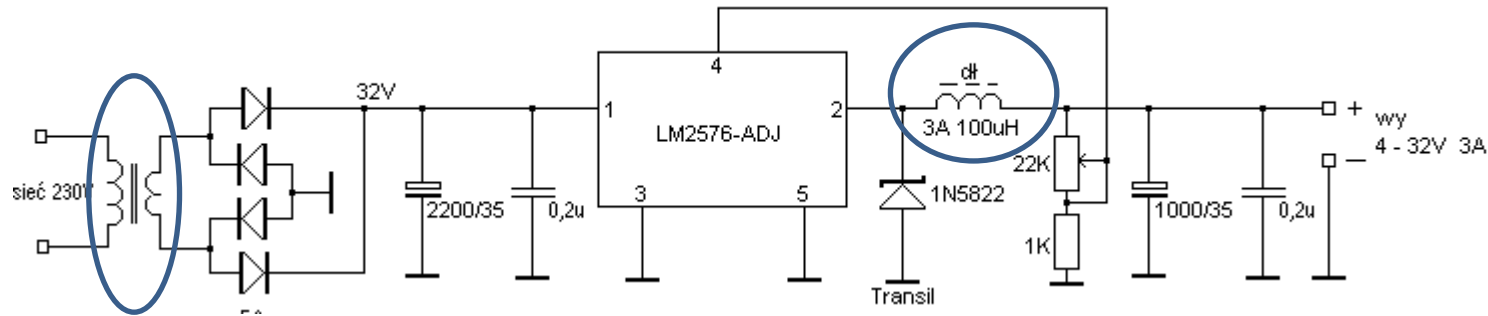
$N_1$  – liczba zwojów uzwojenia pierwotnego

$N_2$  – liczba zwojów uzwojenia wtórnego

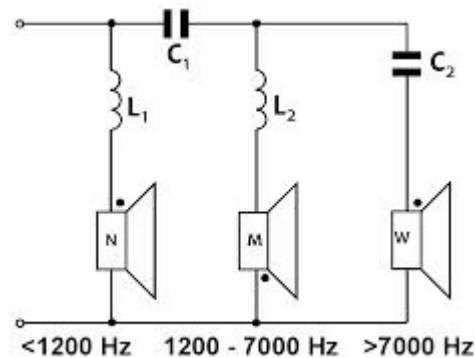
**Wniosek:** jeżeli  $N_1 > N_2$  to  $U_{we} > U_{wy}$



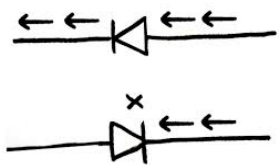
# Zastosowania cewek i transformatorów



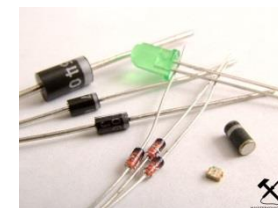
Przetwornice impulsowe – transformator obniża i separuje napięcie, cewka w układzie stabilizatora impulsowego (obniżającego napięcie - duża sprawność/małe straty mocy)



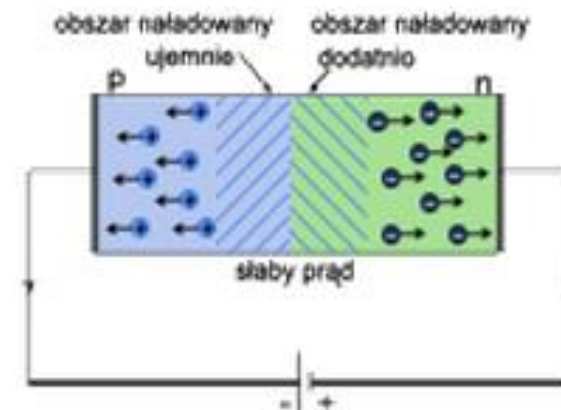
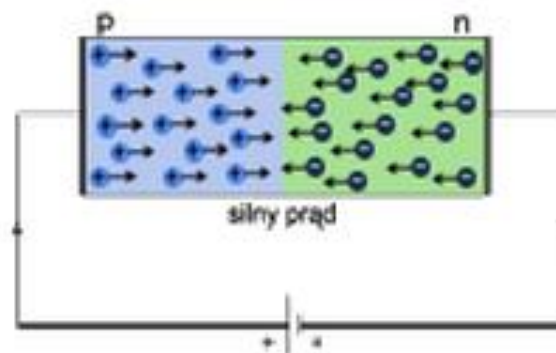
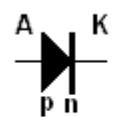
Zwrotnica głośnikowa – filtracja częstotliwości



# Diody półprzewodnikowe

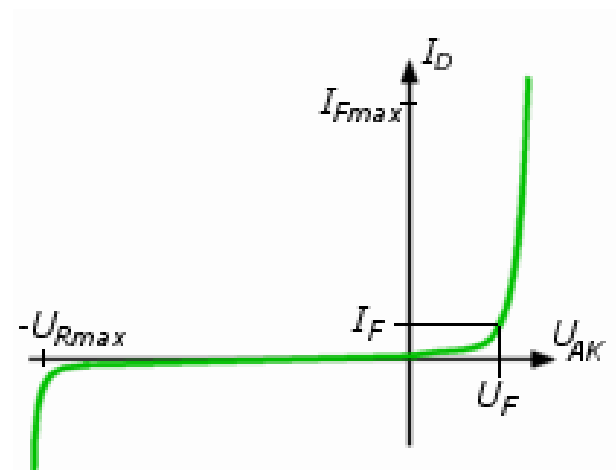
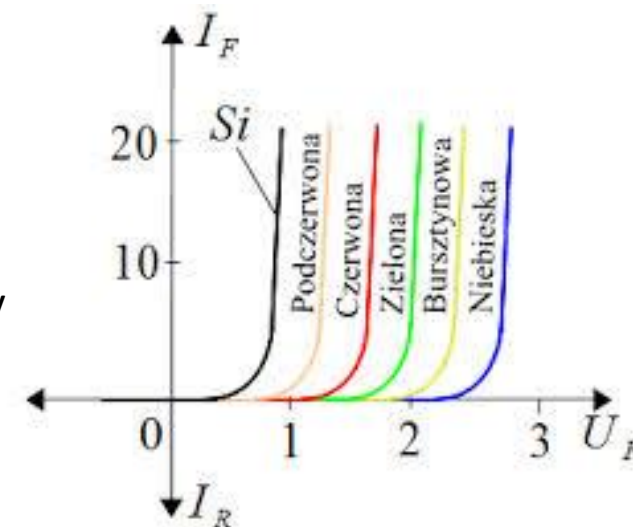


- Dioda półprzewodnikowa – element elektroniczny zbudowany z dwóch warstw półprzewodnika, odmiennie domieszkowanych – typu n i typu p, tworzących razem złącze p-n, lub z połączenia półprzewodnika z odpowiednim metalem – dioda Schottky'ego.
- Dioda jest elementem dwukońcówkowym, przy czym końcówka dołączona do obszaru n nazywa się katodą, a do obszaru p – anodą. Element ten charakteryzuje się jednokierunkowym przepływem prądu – od anody do katody, w drugą stronę prąd nie płynie.



# Parametry diod

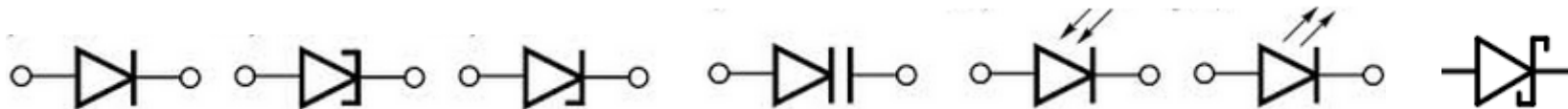
- Napięcie przewodzenia –  $U_F$ 
  - 0.7V (prostownicze, krzemowe)
  - 0.3V (germanowe)
  - 1.6V (LED – czerwona), 2V (LED – zielona), 3V (LED – niebieska), 1.2V
- Napięcie przebicia -  $U_{Rmax}$ 
  - $U_{Rmax} = 1000V$  (prostownicza)
- Maksymalny prąd przewodzenia -  $I_F$ 
  - rzędu amperów dla diod prostowniczych
  - 0.02A = 20mA (LED)
- Maksymalna moc tracona  $P_{TOT}$ 
  - Maksymalny iloczyn  $P = U \cdot I$
- Napięcie zenera  $U_Z$ 
  - napięcie Zenera (5.6V, 7.5V itp)





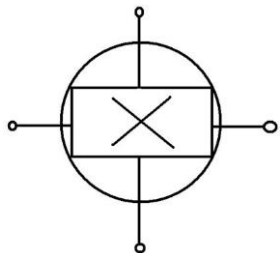
# Rodzaje diod

- **prostownicza** - jej podstawową funkcją jest prostowanie prądu przemiennego
- **tunelowa** - dioda o specjalnej konstrukcji, z odcinkiem charakterystyki o ujemnej rezystancji dynamicznej
- **stabilizacyjna (dioda Zenera)** - stosowana w układach stabilizacji napięcia i prądu
- **pojemnościowa (warikap)** - o pojemności zależnej od przyłożonego napięcia
- **fotodioda** - dioda reagująca na promieniowanie świetlne (widzialne, podczerwone lub ultrafioletowe)
- **elektroluminescencyjna (LED)** - dioda świecąca w paśmie widzialnym lub podczerwonym
- **Schottkiego** – szybkie diody przełączające

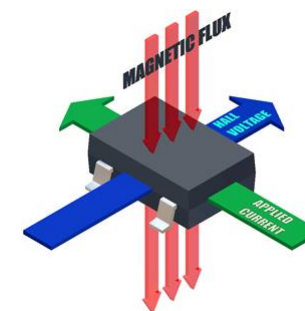


# Zastosowania

- **Prostownicze** – zasilacze (prostOWNIKI - zamiana prądu przemiennego na jednokierunkowy), zabezpieczenie przeciwprzepięciowe (elementy indukcyjne) i zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją napięcia
- **Zenera** – stabilizacja napięcia
- **Fotodiody** – czujniki światła, wyłączniki zmierzchowe, bariery elektroniczne np. liczniki wejść itp.
- **Diody nadawcze IR** (podczerwone) – piloty zdalnego sterowania, przesył danych
- **Diody LED** – wyświetlacze (monochromatyczne, RGB), żarówki, kontrolki, podświetlenie monitorów
- **Diody tunelowe** – generacja drgań
- **Schottkiego** – szybkie układy przełączające (przetwornice impulsowe DC, sterowniki silników)



# Hallotrony

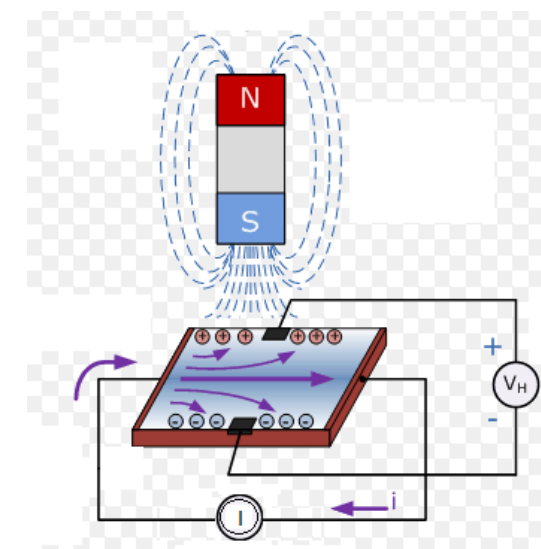


**Hallotron, halotron** - urządzenie, którego zasada działania opiera się na klasycznym efekcie Halla. Najpopularniejszym jego zastosowaniem jest pomiar pola magnetycznego.

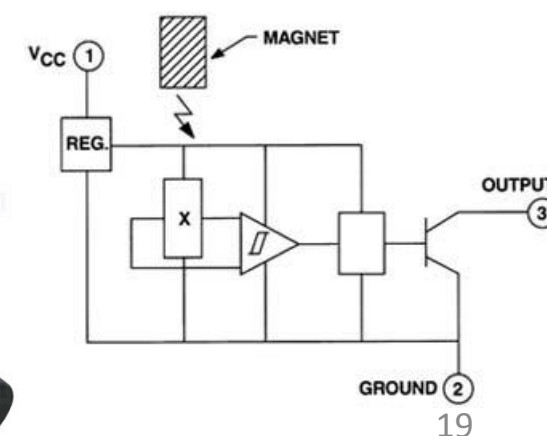
**Zasada działania:** Efekt Halla – zjawisko fizyczne polegające na wystąpieniu różnicy potencjałów (tzw. napięcia Halla) w przewodniku, w którym płynie prąd elektryczny, gdy przewodnik znajduje się w poprzecznym polu magnetycznym. Jest ono spowodowane działaniem siły Lorentza na ładunki poruszające się w polu magnetycznym.

## Zastosowania:

- do pomiaru wielkości takich jak indukcja magnetyczna, natężenie prądu, moc ,
- do pomiaru wielkości innych niż elektryczne, np. kąt obrotu (na części wirującej zamocowany jest magnes współpracujący z nieruchomym hallotronem), np.. czujnik obrotów wału korbowego w samochodzie
- jako kompas.

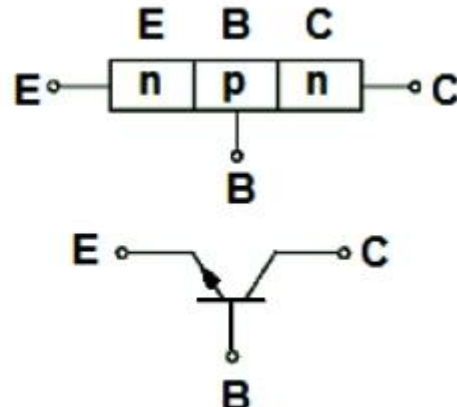
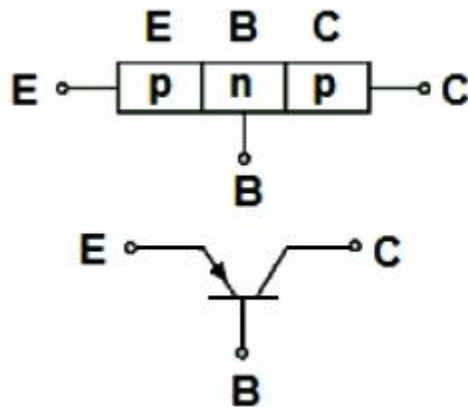


Samochodowy czujnik Halla



# Tranzystory bipolarne

- **Tranzystor bipolarny** - półprzewodnikowy element elektroniczny, mający zdolność wzmacniania prądu. Zbudowany jest z trzech warstw półprzewodnika o różnym typie przewodnictwa.
- Charakteryzuje się tym, że niewielki prąd płynący pomiędzy dwiema jego elektrodami (nazywanymi bazą i emiterem) steruje większym prądem płynącym między emiterem a trzecią elektrodą (nazywaną kolektorem).
- Struktura złącz pnp i npn - emiter (E) warstwa silnie domieszkowana, baza – (B) warstwa cienka i słabo domieszkowana, kolektor (C)

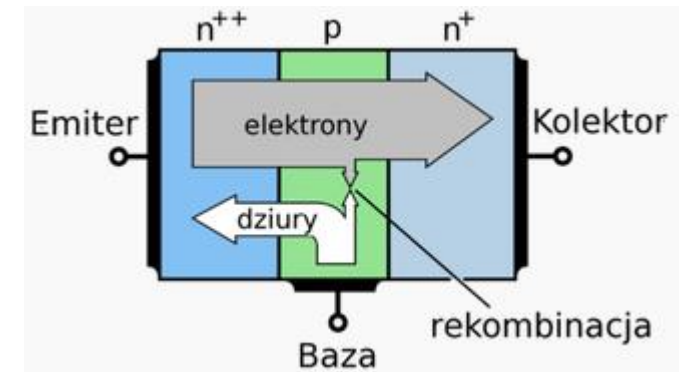


Struktura złącz tranzystorów pnp i npn

Symbole tranzystorów pnp i npn

# Zasada działania

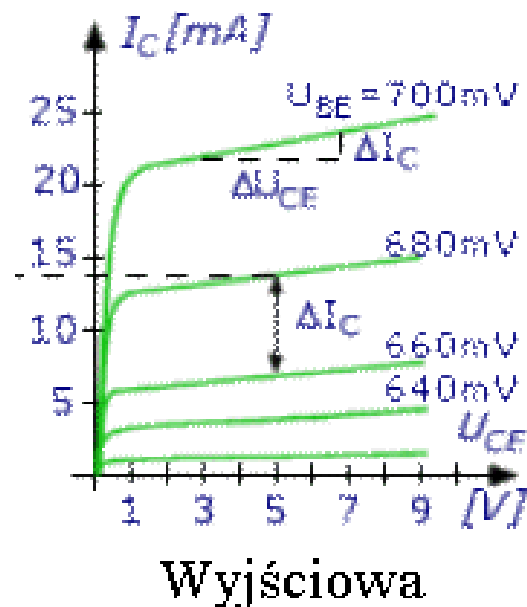
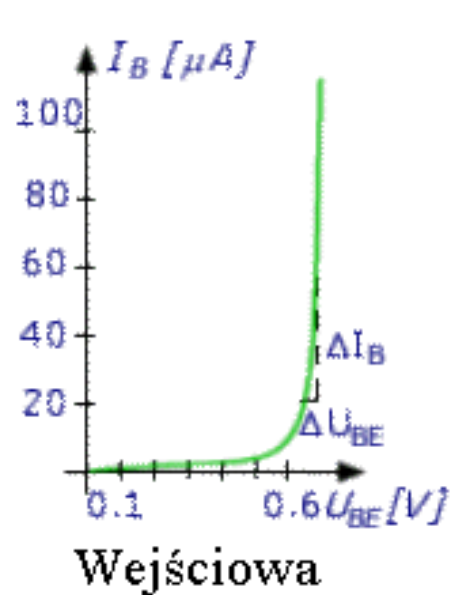
- W stanie aktywnym **złącze emiter-baza** jest spolaryzowane w kierunku przewodzenia, a **złącze baza-kolektor** - w kierunku zaporowym.
- Napięcie baza-emiter powoduje przepływ nośników większościowych emitera przez to złącze do bazy – (elektrony w tranzystorach npn lub dziury w tranzystorach pnp).
- Nośniki trafiają do obszaru złącza baza-kolektor, a tu na skutek pola elektrycznego są przyciągane do kolektora. **W rezultacie, po przyłożeniu do złącza baza - emiter napięcia w kierunku przewodzenia, popłynie niewielki prąd między bazą a emiterem, umożliwiając przepływ dużego prądu między kolektorem a emiterem.**
- Stosunek prądu kolektora do prądu bazy nazywany jest wzmocnieniem prądowym tranzystora i oznacza się grecką literą  $\beta$ .



$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

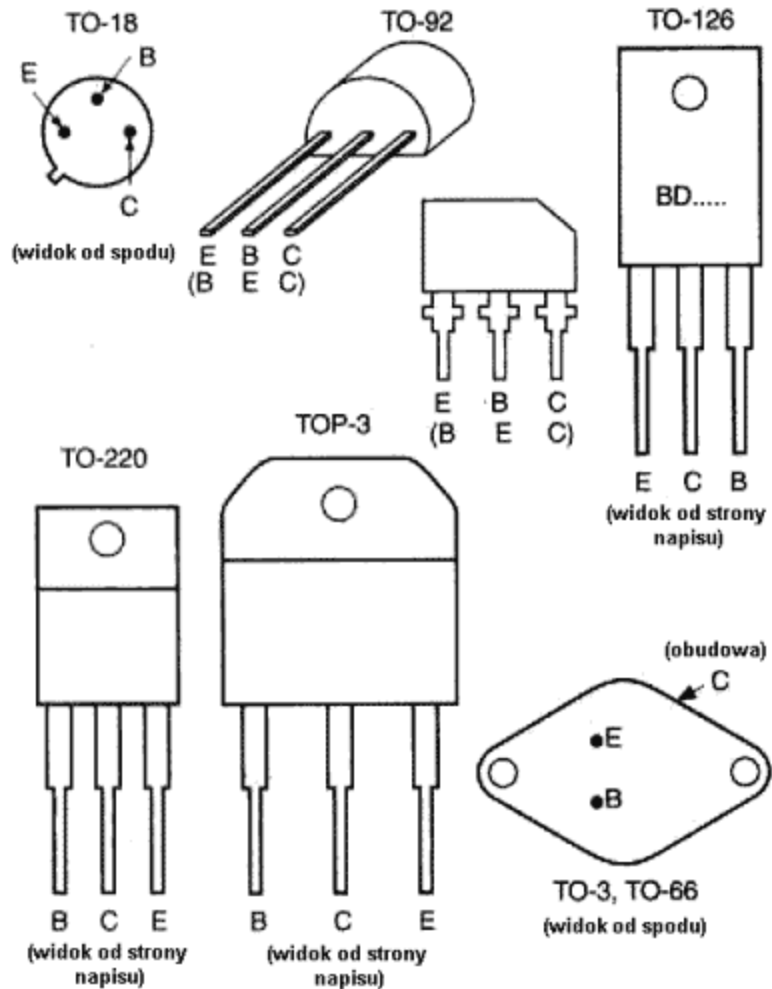
# Parametry tranzystora

- Wzmocnienie prądowe  $\beta$
- Maksymalne napięcie kolektor emiter  $U_{CE}$
- Maksymalny prąd kolektora  $I_{Cmax}$
- Maksymalna moc tracona  $P_{TOT}$
- Charakterystyki tranzystorów



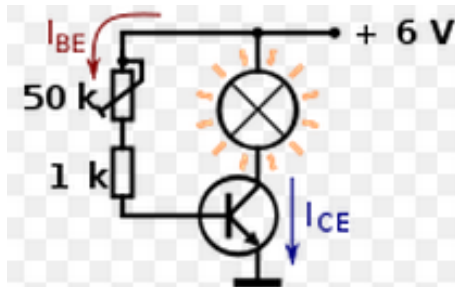
# Typowe obudowy tranzystorów

Typowa kolejność wyprowadzeń tranzystorów

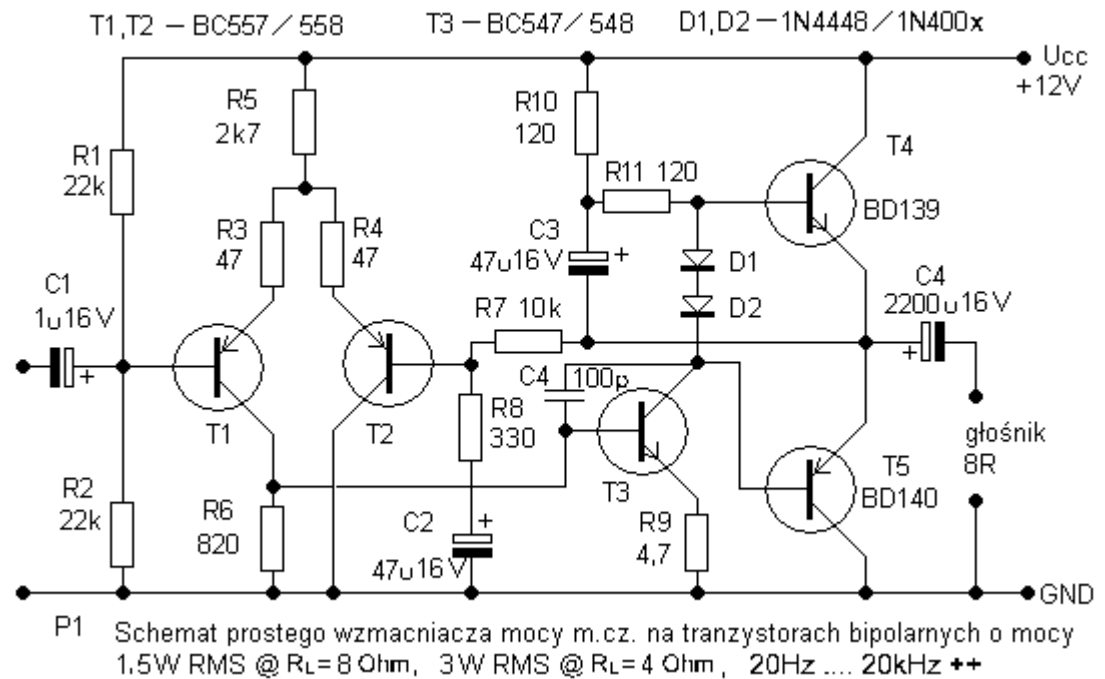
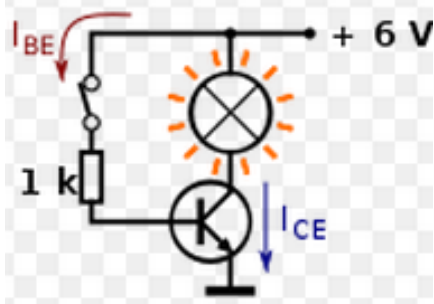


# Przykłady zastosowań

- Wzmacniacze akustyczne
- Wzmacniacze prądu (sterowanie przekaźnikiem, silnikiem, żarówką, diodą LED)



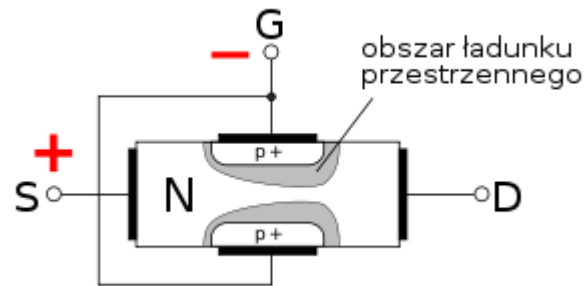
- Układy przełączające





# Tranzystory polowe

- Tranzystor polowy, tranzystor unipolarny, FET (ang. Field Effect Transistor) – tranzystor, w którym sterowanie prądem odbywa się za pomocą pola elektrycznego.
- Tranzystory polowe posiadają trzy elektrody: źródło (S), bramkę (G) i dren (D)
- Zasada działania: Przyłożone do bramki napięcie wywołuje pole elektryczne, które wpływa na rozkład nośników prądu w kanale. Skutkiem tego jest zmiana efektywnego przekroju kanału, co objawia się jako zmiana oporu dren-źródło. Napięcie podane do zacisków bramka-źródło  $U_{GS}$  steruje wielkością prądu kanału  $I_{DS}$  – złącza dren - źródło

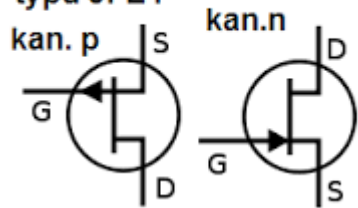


- Podstawowe typy tranzystorów polowych to tranzystory złączowe (JFET) i tranzystory z izolowaną bramką (MOSFET)

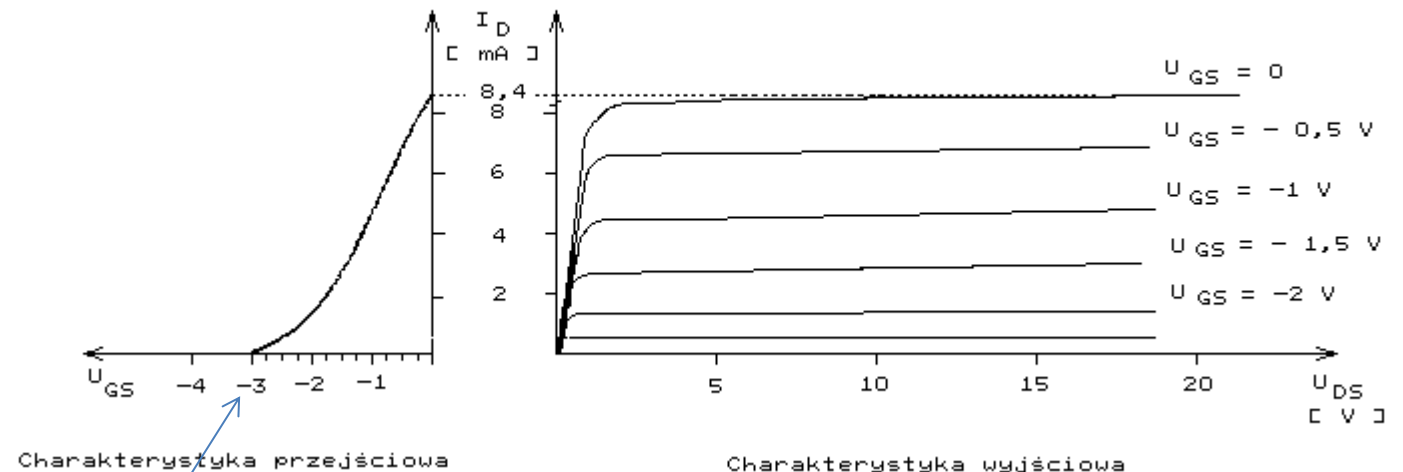
# Tranzystory JFET

- Tranzystory złączowe (JFET)

Tranzystory unipolarne typu JFET



Charakterystyki tranzystora JFET

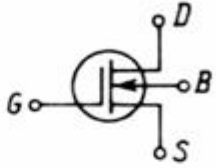
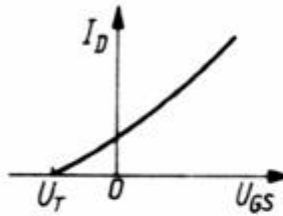
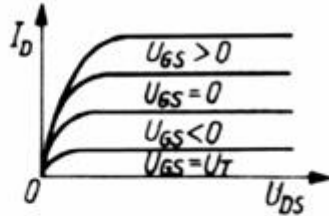
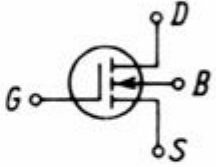
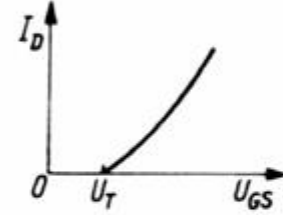
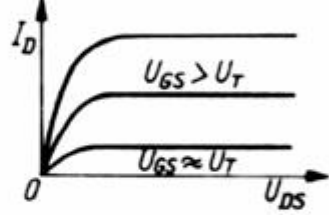
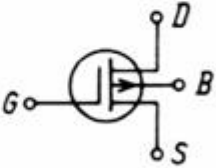
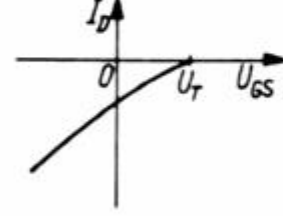
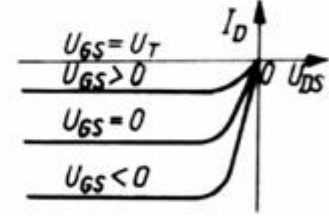
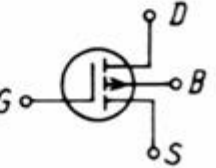
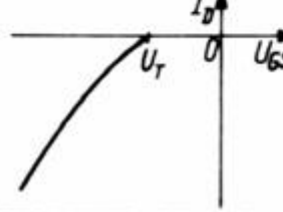
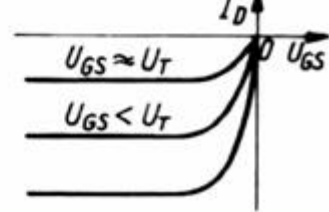


## Podstawowe parametry:

- Napięcie odcięcia  $U_T$ ,  $U_{GSoff}$  – napięcie przy którym przez kanał nie płynie prąd (kanał jest całkowicie zamknięty)
- Maksymalny prąd drenu  $I_{dmax}$
- Maksymalne napięcie  $U_{DS}$
- Maksymalna moc strat  $P_{tot}$

# Tranzystory MOSFET

Rodzaje tranzystorów z izolowaną bramką.

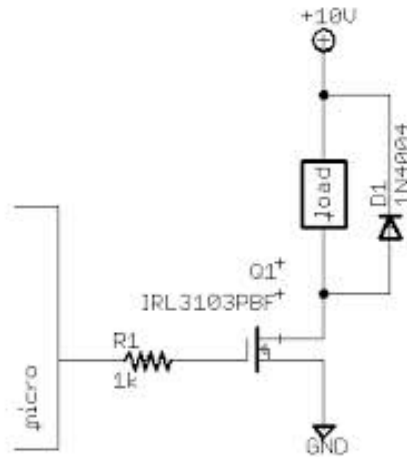
Rodzaj tranzystora MIS	Symbol graficzny	Charakterystyka przejściowa	Charakterystyka wyjściowa
Kanał zubożany typu N			
Kanał wzbogacający typu N			
Kanał zubożany typu P			
Kanał wzbogacający typu P			

W tranzystorach MOSFET bramka jest odizolowana od kanału warstwą dielektryka.

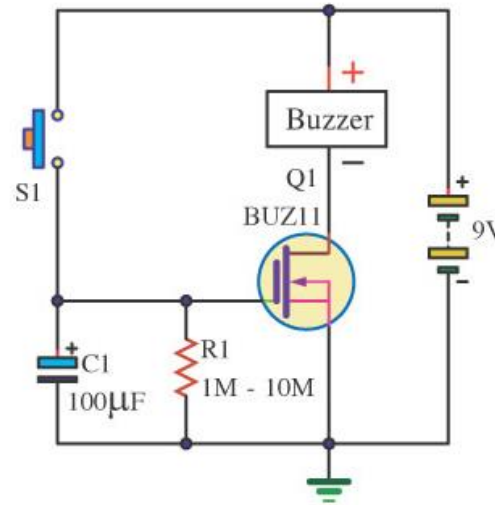
Tranzystory te posiadają przynajmniej trzy elektrody: źródło (S), bramkę (G) i dren (D), często mają również czwartą elektrodę: podłoże (B).

**Zastosowania:** Wykonuje się je głównie w układach scalonych lub jako elementy dyskretnie – są to głównie tranzystory mocy, np. pracujące jako szybkie przełączniki w zasilaczach impulsowych lub jako sterowniki silników.

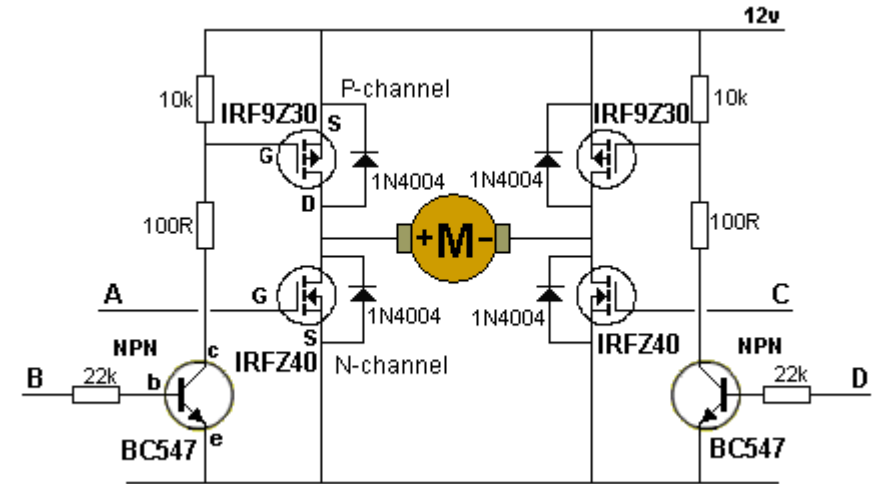
# Zastosowania tranzystorów polowych



Sterowanie obciążeniem indukcyjnym dużej mocy z mikrokontrolera



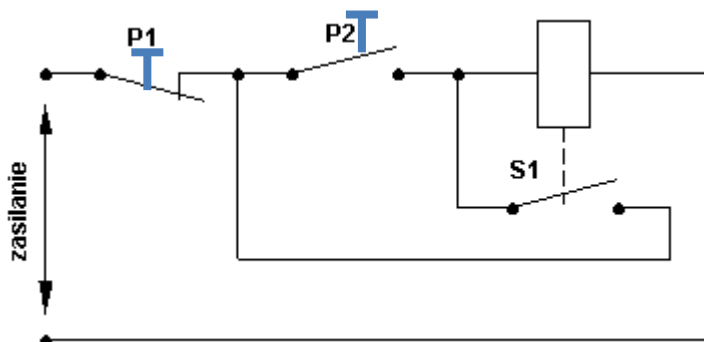
Włącznik czasowy buzzera



Mostek H – sterownik kierunku obrotów silnika

# Elementy stykowe

- Element obwodu, pozwalający włączać lub wyłączać przepływ prądu
- Styki są elementem przycisków, przełączników, przekaźników i styczników
- Rodzaje styków
  - NO - styk normalnie otwarty (NO - normally open ) czasami opisywany jak zwierny ( z ) , dla tego rodzaju styków stanem bez działania napędu jest stan przerwy między zaciskami
  - NC - styk normalnie zwarty (NC - normally closed , R - rozwierny ) , bez działania napędu zaciski są zwarte.
  - Przełączany










P1 – przycisk NC (normalnie zamknięty)

„rozwierny”

P2 – przycisk NO (normalnie otwarty) „zwierny”

S1 – styk „zwierny” przekaźnika

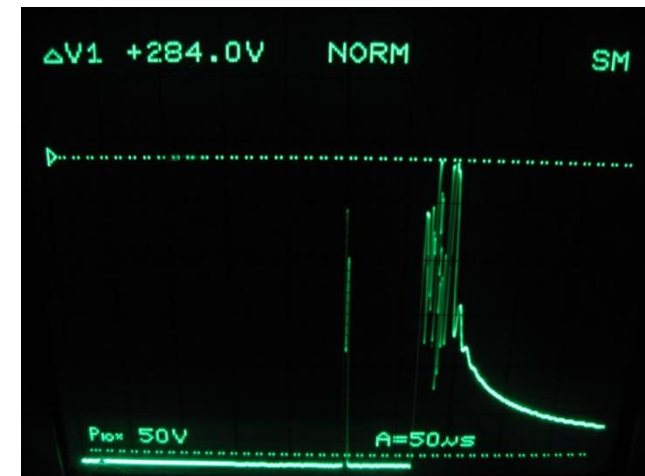
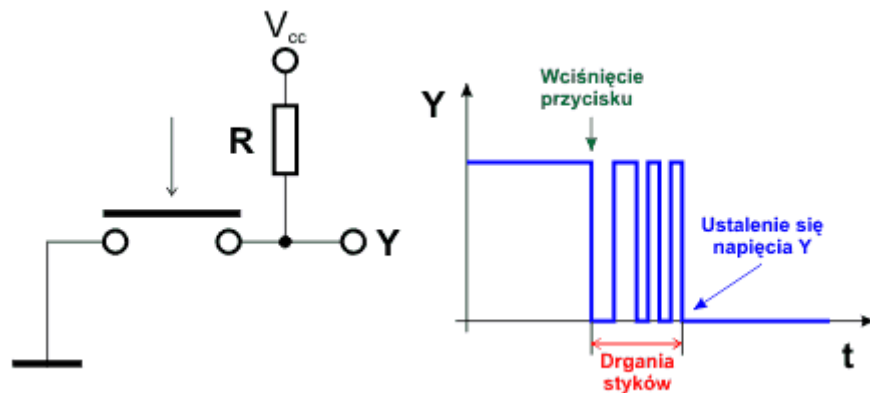
# Styki

-  zwierny (normalnie otwarty NO)
-  rozwierny (normalnie zamknięty NC)
-  przełączany
-  zwierny o napędzie ręcznym
-  rozwierny o napędzie ręcznym
-  zwierny o napędzie ręcznym z samoczynnym powrotem (przycisk)
-  rozwierny o napędzie ręcznym z samoczynnym powrotem (przycisk)

**Parametry styków:** maksymalne obciążenie (prąd/napięcie), rezystancja styku, liczba przełączeń, max. częstotliwość przełączeń

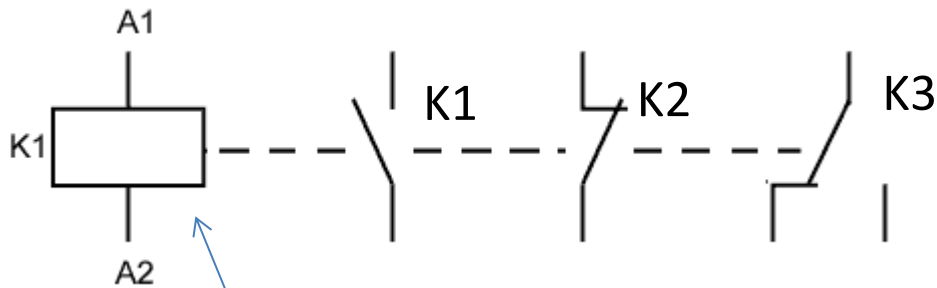
# Drgania styków

- Każdy przycisk lub styki przełącznika, kontaktronu mają tendencję do drgania w czasie zwierania i/lub rozwierania. Zjawisko to jest nazywane drganiem styków (ang. Bouncing).
- Zjawisko to trwa od kilku do kilkudziesięciu milisekund, zarówno przy zwieraniu jak i rozwieraniu styków
- Należy uwzględnić to zjawisko w układach cyfrowych (licznikach, przyciskach sterujących układami mikroprocesorowymi itp.)



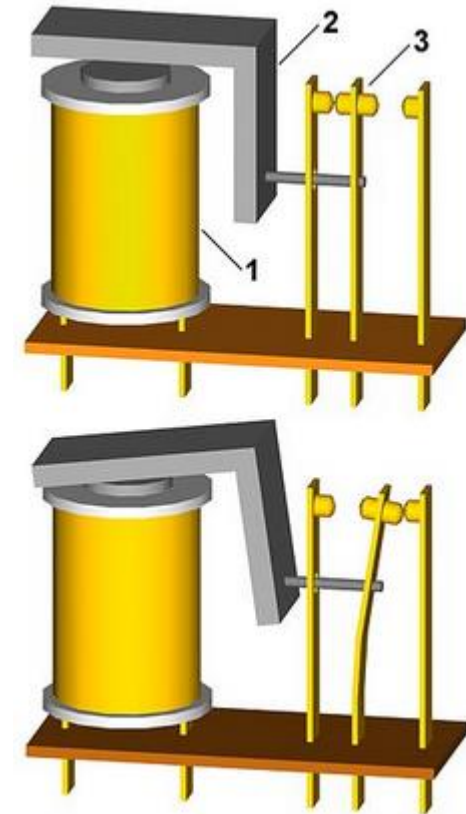
# Przełączniki

Przełączniki elektromagnetyczne działają na zasadzie elektromagnesu: prąd płynący w cewce przełącznika (1) wywołuje pole magnetyczne przyciągające żelazną kotwiczkę (2), która zamyka (lub otwiera) odpowiedni styk lub grupę styków (3).



**Cewka przełącznika**, stycznika (cewka stycznika narysowana jest grubszą linią niż cewka przełącznika)

**Parametry przełącznika:** napięcie zasilania cewki, obciążalność styków



**Grupa styków:**

K1 – zwierny

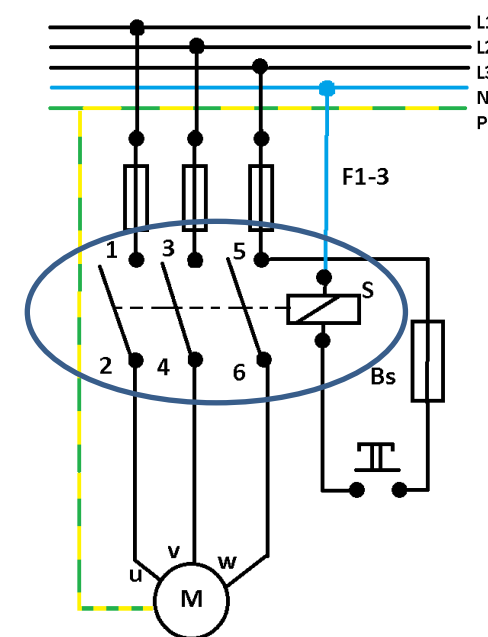
K2 – rozwierny

K3 - przełączny



# Styczniki

- Styczniki jak i przekaźniki działają na takiej samej zasadzie - poprzez załączenie przekazują dalej sygnał. Zasadnicza różnica polega na tym, że  stycznikami nazywa się urządzenia do załączania układów silnoprądowych, podczas gdy przekaźnikami takie urządzenia, które załączają (czyli przekazują) sygnały niskoprądowe. Innymi słowy stycznikami załącza się urządzenia elektryczne takie jak na przykład silniki elektryczne. Przekaźniki natomiast stosowane są do podawania sygnałów sterujących przykładowo do lub od sterowników PLC, czy też sterowania stycznikami.
- Styczniki elektromagnetyczne, z uwagi na inne przeznaczenie, charakteryzują się zwykle większymi gabarytami od przekaźników elektromagnetycznych.
- **Zastosowanie:** załączanie obwodów silnikowych, grzałek, pomp, lamp, wentylatorów itp..



# Wzmacniacz operacyjny



a) symbol uproszczony

b) Symbol z zaznaczonymi napięciami zasilającymi

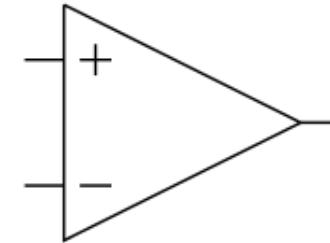
c) obudowa

$U_+$  - wejście nieodwracające

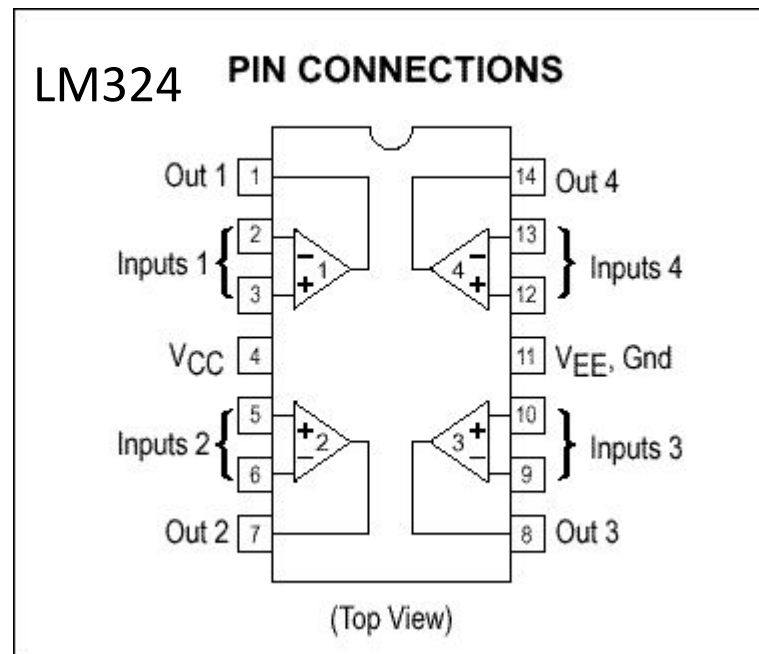
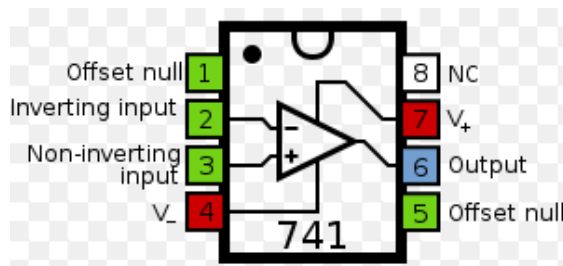
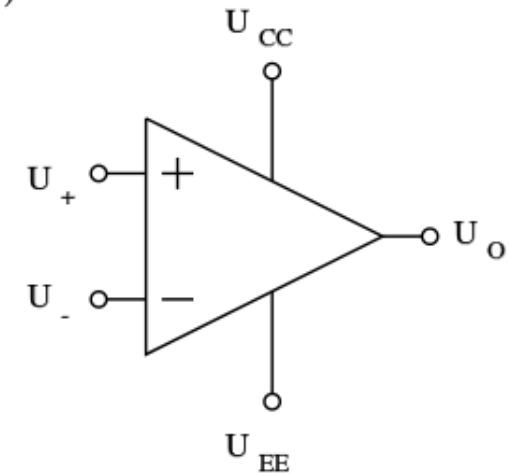
$U_-$  - wejście odwracające

$U_o$  - wyjście

a)



b)



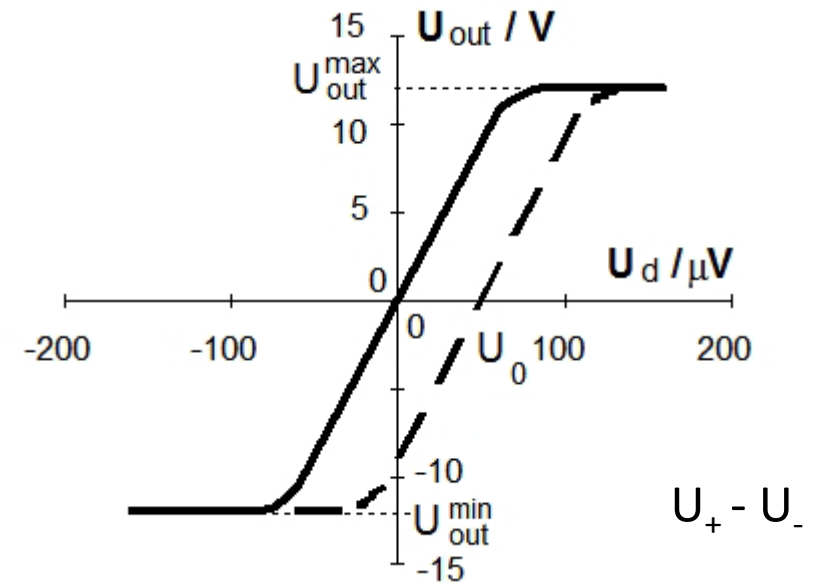
# Zasada działania

Działanie wzmacniacz operacyjny przy otwartej pętli opisuje równanie:

$$U_o = k(U_+ - U_-)$$

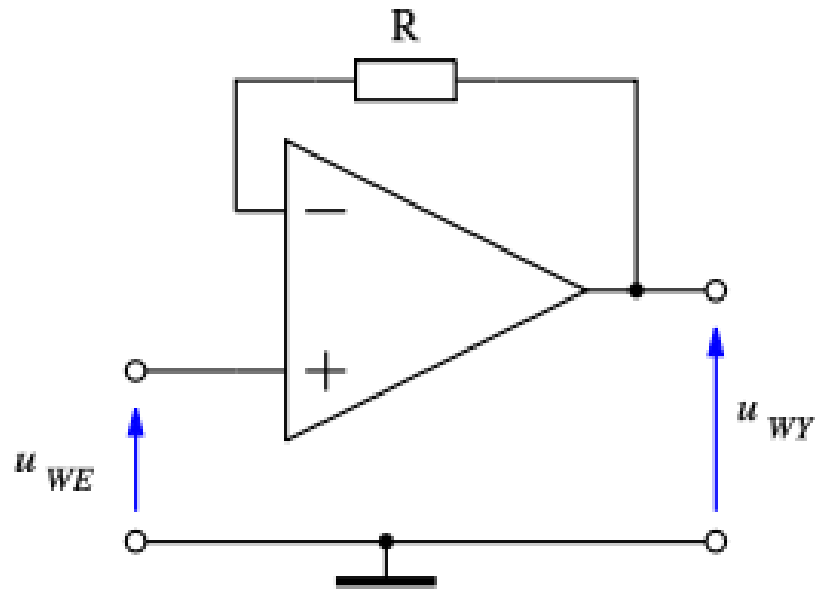
$k$  = bardzo duże, rzędu  $10^5..10^7$

Tak więc wzmacniacz operacyjny wzmacnia różnicę napięć wejściowych.



parametr	Idealny wzmacniacz operacyjny	uA741
Wzmocnienie $k$	Niekończenie duże	$k=10^5..10^7$
Rezystancja wej.	Niekończenie wielka	$2M\Omega$
Rezystancja wyjściowa	0	$75\Omega$
Napięcie niezrównoważenia	0	1mV

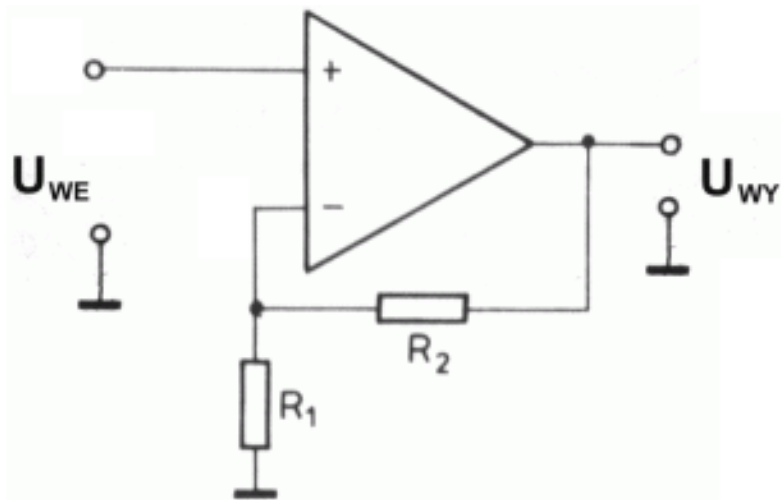
# Wtórnik napięciowy



Wtórnik  
 $k_u=1 \rightarrow U_{wy} = U_{we}$

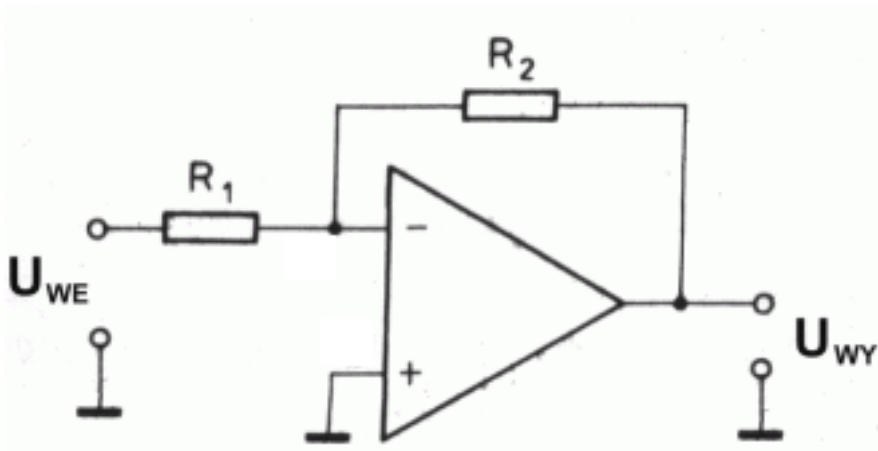
$R_{we}$  - duże  
 $R_{wy}$  - małe

# Wzmacniacz nieodwracający i odwracający



Wzmacniacz nieodwracający

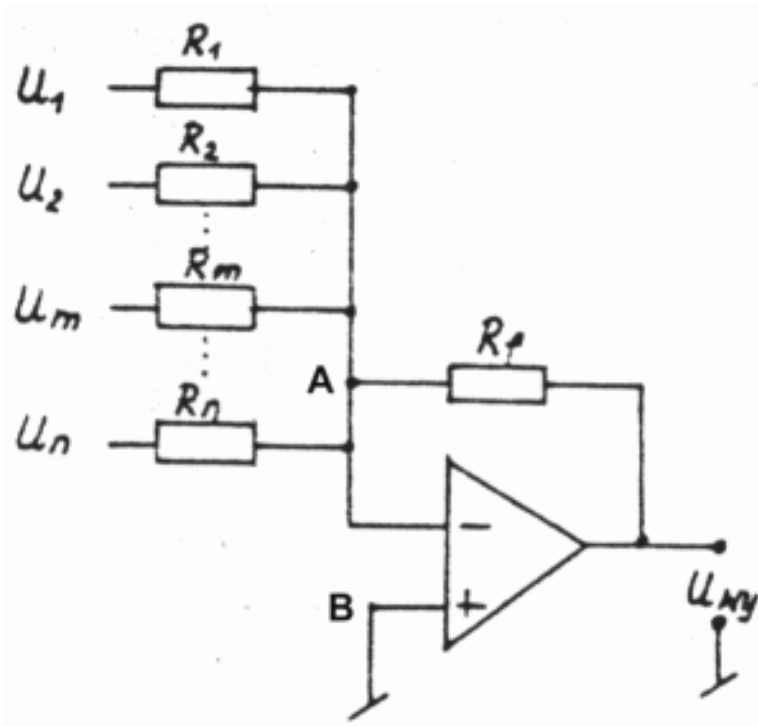
$$k_u = 1 + R_2/R_1$$



Wzmacniacz odwracający

$$k_u = -R_2/R_1$$

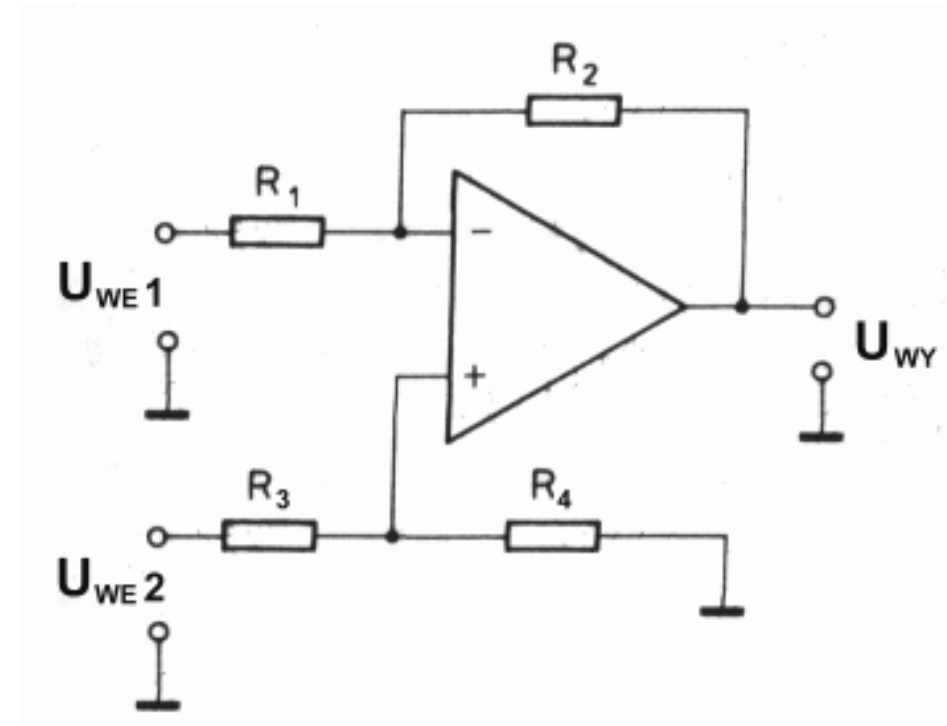
# Wzmacniacz sumujący i różnicowy



Wzmacniacz sumujący

Założenie:  $R_1=R_2=\dots=R_n$

$$U_{wy} = -R_f/R_1(U_1+U_2+U_3+\dots)$$

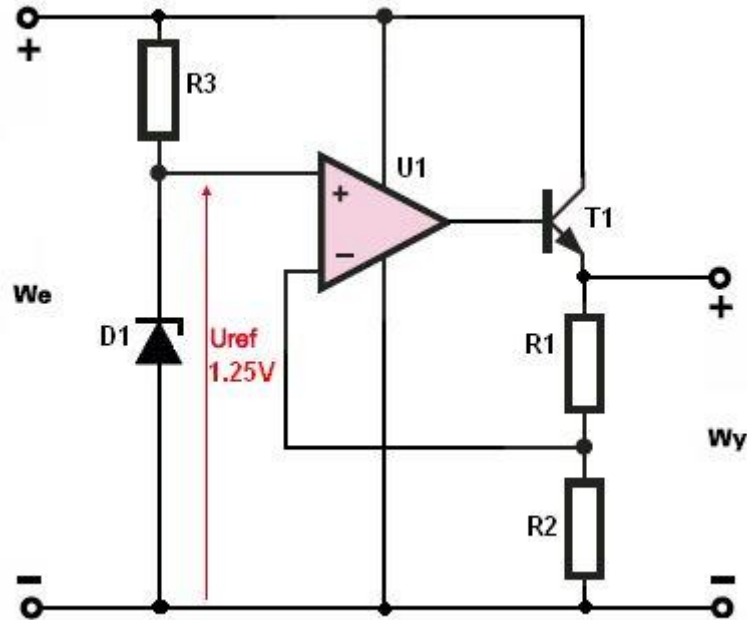


Wzmacniacz odejmujący

Założenie:  $R_2=R_4$  i  $R_2=R_3$

$$U_{wy} = R_2/R_1(U_{WE2}-U_{WE1})$$

# WO - zastosowania



Stabilizator napięcia

$$U_{wy} = 1.25V * (1 + R1/R2)$$

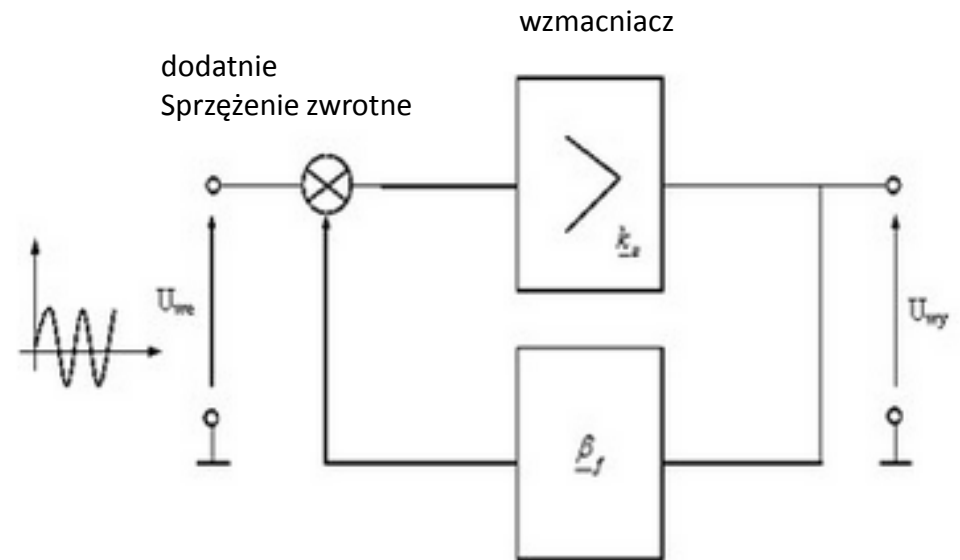
# Generatory

- Warunki generacji drgań niegasnących
- Warunek amplitudy

$$|K_u| \cdot |\beta_f| \geq 1$$

- Warunek fazy

$$\varphi_x + \varphi_\beta = 0^\circ + n \cdot 360^\circ$$

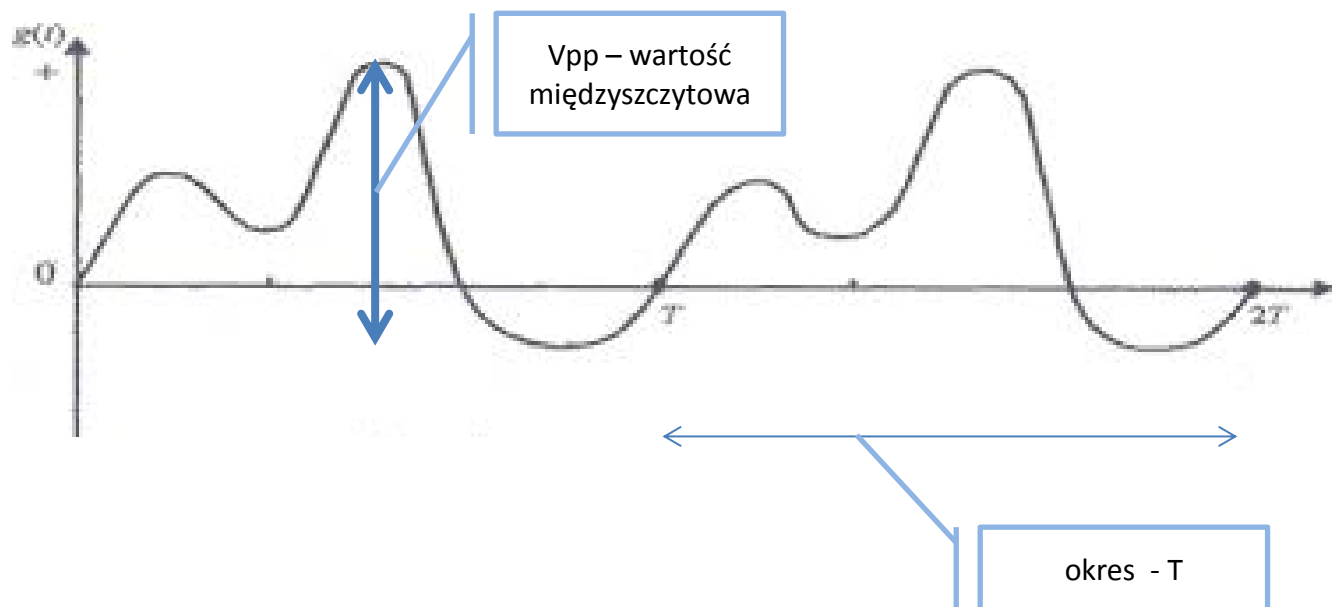


Obwód sprzężenia zwrotnego  
RC, LC, rezonator kwarcowy



# Parametry generatorów

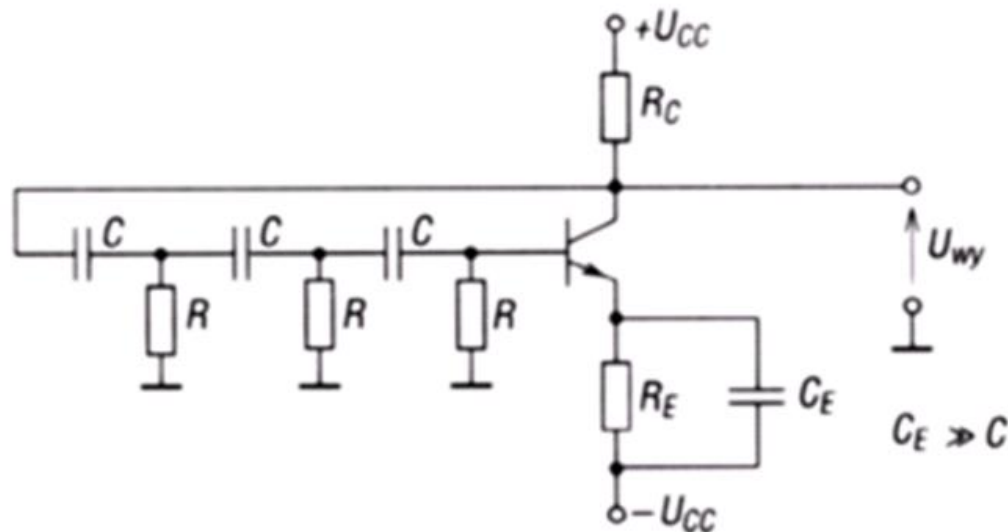
- Częstotliwość generowanego przebiegu –  $f$  (okres –  $T$ )
- Amplituda, wartość międzyszczytowa napięcia
- Kształt generowanego przebiegu
- Stałość częstotliwości generowanego przebiegu – stosunek średniej wartości odchyłki częstotliwości do wartości nominalnej częstotliwości
- Zakres i charakter przestrajania generatora



$$f = \frac{1}{T}$$

# Generatory RC

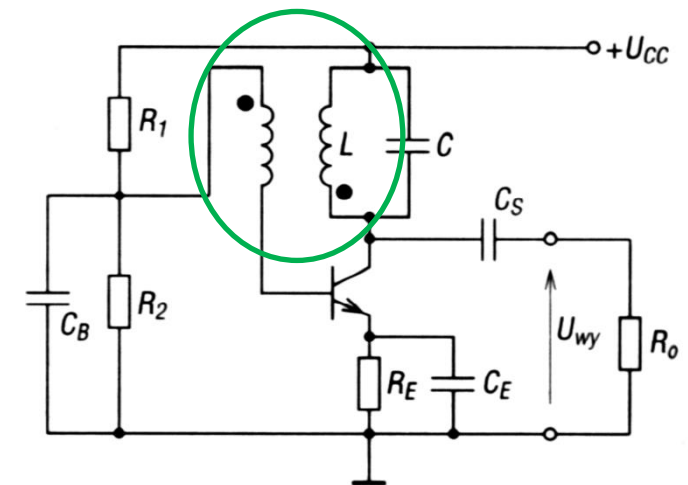
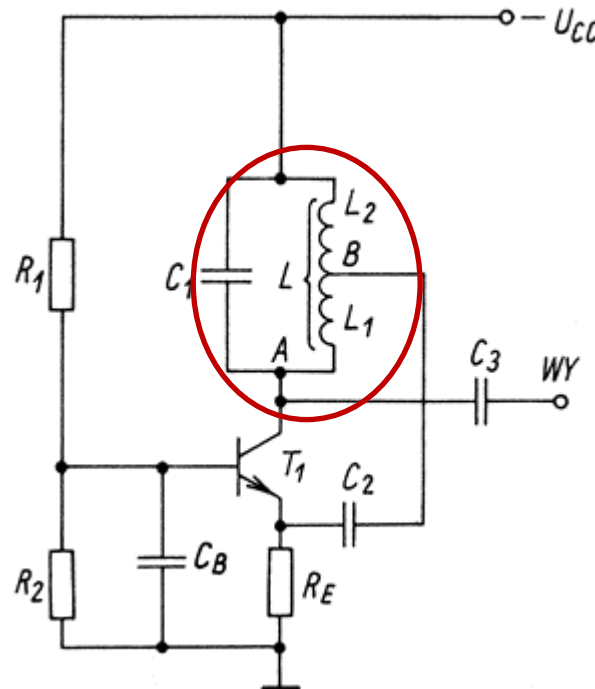
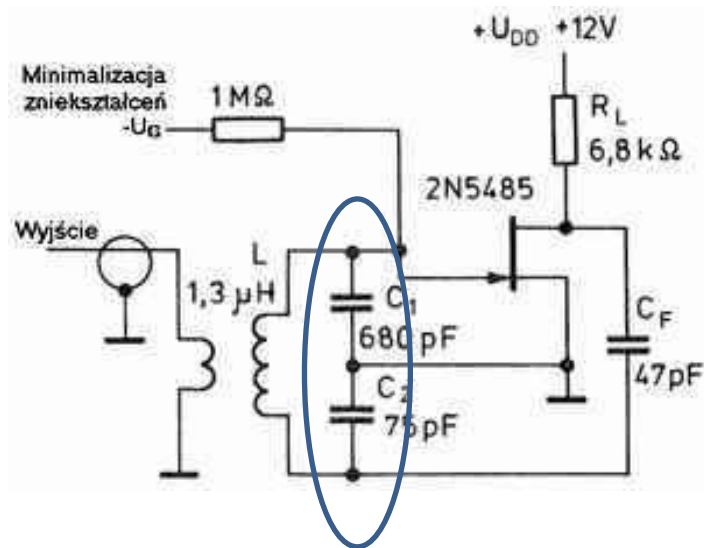
- W układach tych przesunięcie fazy toru wzmacniającego wynosi  $180^\circ$ . W torze sprzężenia zwrotnego przesunięcie fazy powinno wówczas wynosić  $180^\circ$  lub  $-180^\circ$ . Czwórnikiem sprzężenia zwrotnego jest trójsegmentowy filtr drabinkowy RC. Każdy z członów przesuwa fazę o  $60^\circ$  i z tego warunku można wyliczyć częstotliwość drgań. Tłumienie trójczłonowego filtra wynosi 29, więc minimalne wzmocnienie napięciowe wzmacniacza musi być  $K_u \geq 29$ .
- W poniższym generatorze użyto filtrów górnoprzepustowych



# Generatory LC

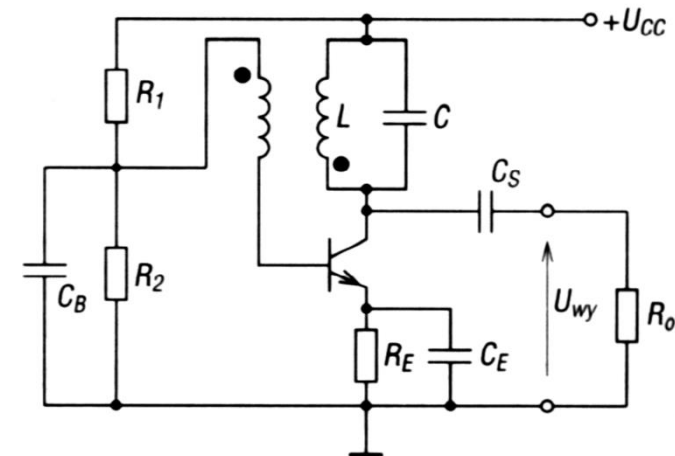
- Colpittsa (dzielona pojemność)
- Hartleya (dzielona indukcyjność)
- Meissnera (sprężenie transformatorowe)
- f- częstotliwość drgań

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



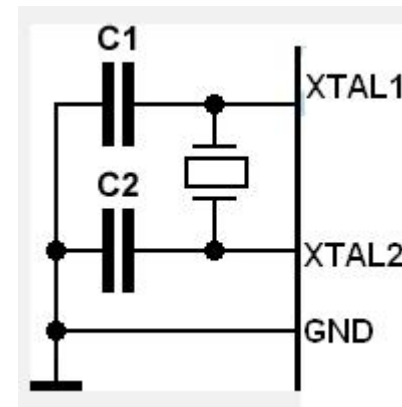
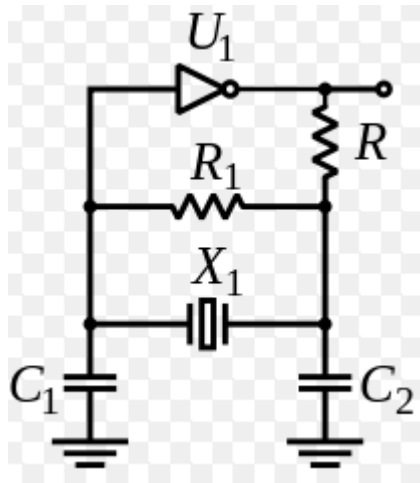
# Generator Meissnera

- Warunek fazy spełniony jest następująco
  - Wzmacniacz przesuwający o  $180^\circ$
  - Pozostałe  $180^\circ$  uzyskuje się za pomocą transformatora, poprzez przeciwne nawinięcie uzwojeń, bądź odwrócenie kolejności przewodów.
- Warunek amplitudy – przykład
  - Wzmocnienie napięciowe wzmacniacza =  $k_u$  np.  $5[V/V]$
  - Przekładnia transformatora  $p$  musi być dobrana w taki sposób aby  $k_u \cdot p \geq 1$



# Generator kwarcowy

- Generator Pierce'a
- Zalety:
  - Duża dokładność i stałość częstotliwości
  - Niski koszt produkcji układu oraz zadowalająca stabilizacja oscylacji rezonatora kwarcowego są niewątpliwą zaletą, dającą przewagę w zastosowaniu w wielu aplikacjach elektronicznych.
- Zastosowania – zegary cyfrowe, generatory w urządzeniach komputerowych



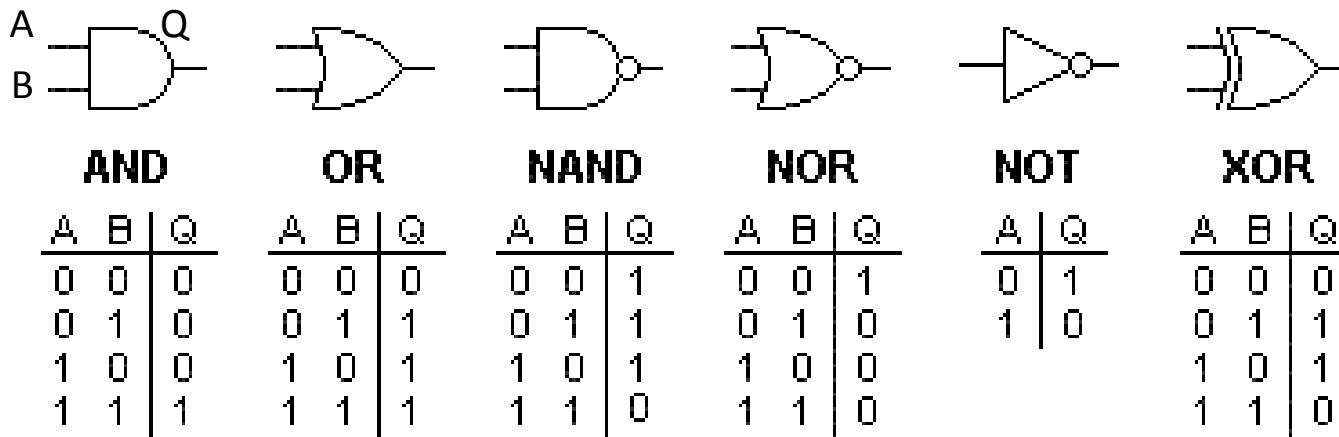
Podłączenie rezonatora kwarcowego  
Do mikrokontrolera

# Układy cyfrowe

- **Układy kombinacyjny**  $y=f(a,b,c)$ , w którym stan wyjść zależy tylko od aktualnego stanu wejść. Układy kombinacyjne buduje się z bramek.
- **Układ sekwencyjny** (z pamięcią)  $y_n = f(a,b,c,y_{n-1})$ , stany wyjściowe zależą od stanów wejściowych i poprzednich stanów systemu. Układy sekwencyjne to bramki + przerzutniki.

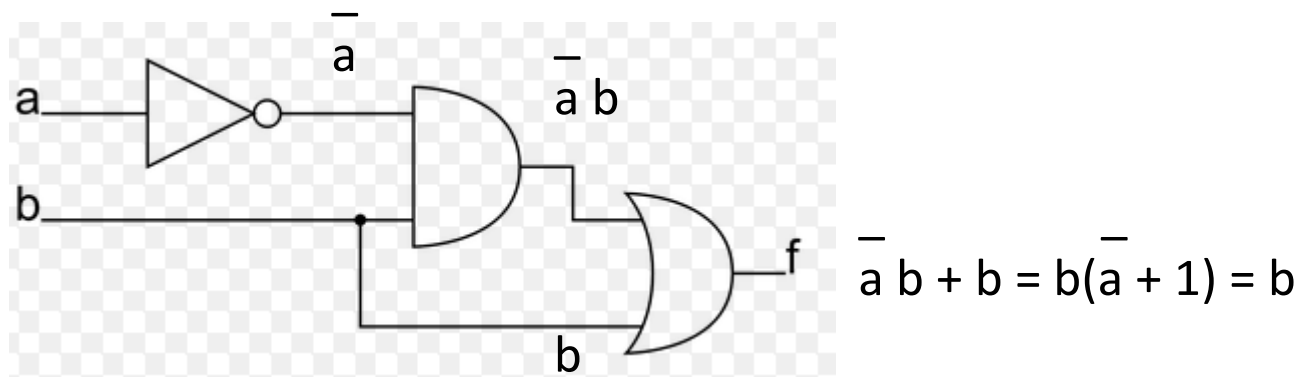
# Bramki logiczne

- AND- iloczyn logiczny ( $\wedge$ ,  $\cdot$ ). **Zapamiętaj** – na którymkolwiek wejściu bramki AND stan 0 → na wyjściu stan 0.
- OR – suma logiczna (LUB,  $\vee$ ). **Zapamiętaj** – na którymkolwiek wejściu bramki OR stan 1 → na wyjściu stan 1.
- XOR – Alternatywa wykluczająca (inne używane nazwy: alternatywa rozłączna, różnica symetryczna, suma poprzeczna, suma modulo 2, kontrawalencja, XOR, Exclusive OR, EOR). **Zapamiętaj** – wyjście bramki XOR jest równe „1” gdy na wejściu nieparzysta liczba jedynek.
- NOT – negacja



# Bramki - zadania

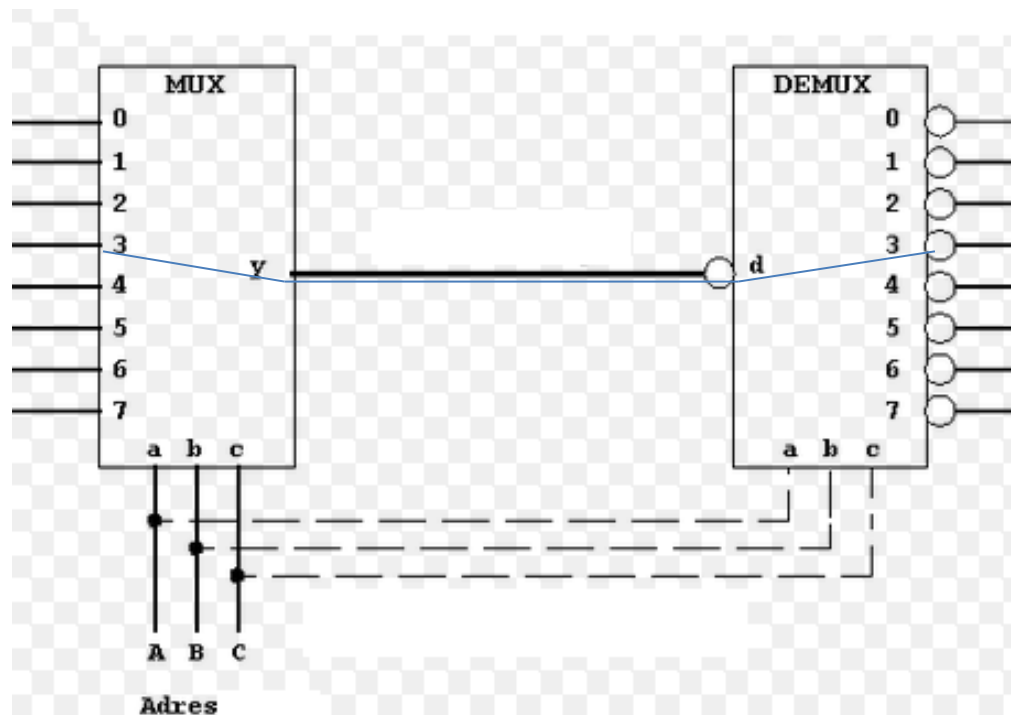
- A) Napisz funkcje  $f$  zrealizowaną przez układ.
- B) Oblicz stan wyjściowy dla  $ab = 01$ .
- Ad a)  $f = b$
- Ad b)  $f = 1$





# Multiplexer (MUX), Demultiplexer (DMUX)

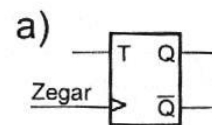
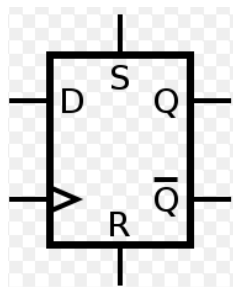
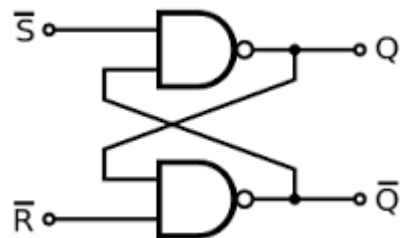
- Multiplexer (w skrócie MUX) – układ kombinacyjny, najczęściej cyfrowy, służący do wyboru jednego z kilku dostępnych sygnałów wejściowych i przekazania go na wyjście. Wybór wejścia realizuje się poprzez podanie odpowiedniego adresu. Demultiplexer realizuje odwrotną operację.



$$cba = 011 = 3$$

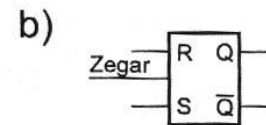
# Przerzutniki

- **Przerzutnik** to układ elektroniczny służący do przechowywania (zapamiętywania) najmniejszej porcji informacji – 1 bitu
- Rozróżniamy przerzutniki **asynchroniczne** (bez zegara) i **synchroniczne** z dodatkowym sygnałem zegara (CLK) synchronizującym zmiany stanów.
- Rodzaje przerzutników:
  - Asynchroniczne (RS)
  - Synchroniczne (RS, D, JK, T)
- **Zastosowania:** maszyny stanów, pamięci komputerowe, rejestry procesora



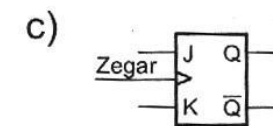
Q	T	0	1
0		0	1
1		1	0

Q'	Q <sup>n+1</sup>	T
0	→ 0	0
0	→ 1	1
1	→ 0	1
1	→ 1	0



Q	SR	00	01	11	10
0		0	0	-	1
1		1	0	-	1

Q'	Q <sup>n+1</sup>	RS
0	→ 0	- 0
0	→ 1	0 1
1	→ 0	1 0
1	→ 1	0 -



Q	JK	00	01	11	10
0		0	0	1	1
1		1	0	0	1

Q'	Q <sup>n+1</sup>	JK
0	→ 0	0 -
0	→ 1	1 -
1	→ 0	- 1
1	→ 1	- 0