

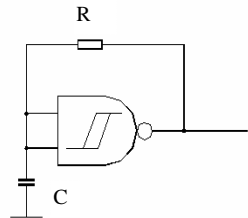
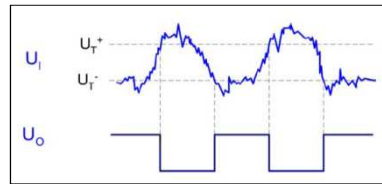
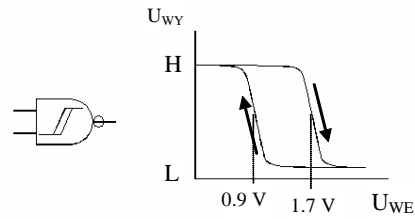
Bramki logiczne o specjalnych cechach

Bramka Schmitta (74132):

- niestandardowa bramka cyfrowa
- charakterystyka zawiera pętlę histerezy

Zastosowania:

- wprowadzanie do elektroniki cyfrowej sygnałów analogowych powolnych i zakłóconych
- najprostsze generatory przebiegów prostokątnych

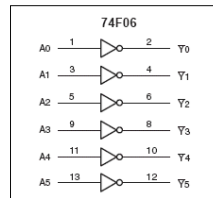


$$\tau \sim R \cdot C$$

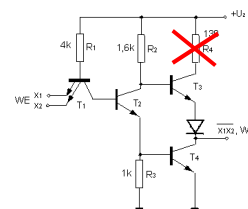
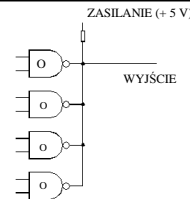
Bramka z otwartym kolektorem.

Umożliwia łączenie wyjść bramek cyfrowych
Bramka OC wymaga dołączenia zasilania do
wyjścia przez odpowiedni rezystor

Na schematach oznaczane literą „O”



Najczęściej stosowane układy to:
inwertery/bufory (74F05, 74F06)



Zastosowanie:

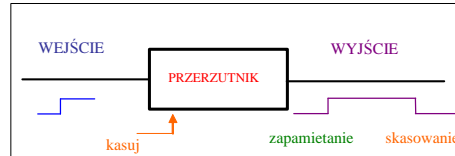
- wzmacniacze (*driver*) do wyprowadzania niestandardowych sygnałów logicznych
- sterowanie wyświetlaczami cyfrowymi

Przerzutniki

Układy logiczne sekwencyjne - odpowiedź zależy od stanu układu przed pobudzeniem

(dotychczas mówiliśmy o układach logicznych kombinatorycznych -
- stan wyjść określony jednoznacznie przez stan wejść)

Przerzutniki: klasa urządzeń cyfrowych → najprostsze układy pamięciowe



Przerzutnik zapamiętuje zmianę stanu logicznego wejścia

Stan zapamiętania sygnalizowany jest zmianą stanu wyjścia

Kasowanie stanu zapamiętania:

- przez podanie sygnału na wejście kasujące - **przerzutnik bistabilny**
- samoistnie, po czasie założonym przez konstruktora:

przerzutnik monostabilny

przerzutnik astabilny

Przerzutniki bistabilne:

- asynchroniczne: stan wyjścia ustalany jest przez stan wejść
- synchroniczne: ustalanie stanu wyjścia sterowane impulsami zegara

Przerzutniki bistabilne

najprostszy przerzutnik bistabilny - **przerzutnik RS** (zwany *flip-flop*)

\bar{S} (**Set**) - wejście sygnałów przeznaczonych do zapamiętania

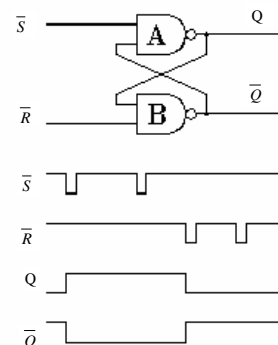
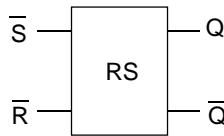
\bar{R} (**Reset**) - wejście kasujące

Zmianę stanu wymusza się zerem logicznym na wejściach \bar{R} lub \bar{S}

Przerzutnik asynchroniczny

\bar{R}	\bar{S}	Q
1	0	1
0	1	0
1	1	Q
0	0	?

(zabronione)

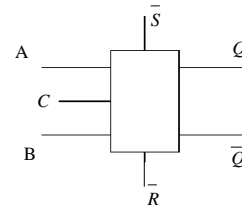


Dwa wyjścia komplementarne: Q i \bar{Q}

stany logicznie przeciwnie

Poziomy wymuszające \bar{R} i \bar{S} **nie powinny pojawiać się jednocześnie !!!**

Przerzutniki bistabilne



- ♦ **wejścia informacyjne** (A i B) określają stan wyjścia
- ♦ **wejścia asynchroniczne** R i S, (lub \bar{R} i \bar{S}),
 - wymuszają odpowiednio „0” lub „1” na wyjściu Q (stany przeciwne na \bar{Q})
 - mają „wyższy priorytet”:
wymuszają stany wyjścia niezależnie od stanów na wejściach informacyjnych

Przerzutniki bistabilne **synchroniczne**:

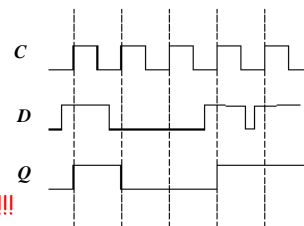
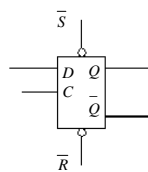
- wejście C **synchronizacji** sygnałem zegara
- stan na wyjściach Q i \bar{Q} ustala się po podaniu impulsu zegara na C

Przerzutnik typu D synchroniczny

D	Q
0	0
1	1

wyjście Q wtóruje dokładnie wejściu D

- jedno wejście informacyjne „D”
- wejścia asynchroniczne \bar{S} \bar{R}
- wejście synchronizacji C
- standardowe wyjścia Q i \bar{Q}



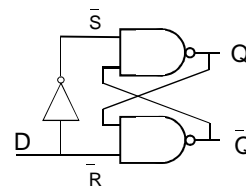
podstawowy układ pamięciowy !!!

Z definicji (konstrukcji):

Wyjście Q przyjmuje wartość logiczną wejścia D w chwili pojawienia się **narastającego zbocza impulsu zegara**

asynchroniczny przerzutnik D:

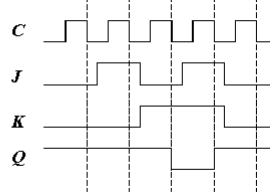
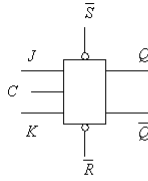
połączenie wejścia R z wejściem S za pomocą negatora



Przerzutnik JK (Master - Slave) - przerzutnik bistabilny synchroniczny

tabela prawdy:

J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_n}$



Przerzutnik dwutaktowy:

- stan wyjściowy wywołany jest przez **opadające zbocze impulsu zegara**
- stany na wejściach J i K muszą być ustalone przed pojawieniem się impulsu zegara
- stany na wejściach J i K w chwili narastania zbocza impulsu zegara określają stan wyjścia wywołany przez najbliższe zbocze opadające.

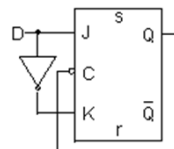
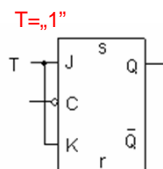
Przerzutniki c. d.

Przerzutnik typu T: licznik, dzielnik częstotści

Definicja przerzutnika typu T: każdy impuls wejściowy zmienia stan wyjścia

Wykorzystując przerzutnik typu JK można zrealizować inne typy przerzutników

Realizacja synchronicznych przerzutników T i D z wykorzystaniem JK



Liczniki - zliczanie impulsów
licznik szeregowy - szeregowo połączone bistabilne przerzutniki synchroniczne JK

każdy przerzutnik zmienia swój stan na przeciwny pod wpływem impulsu na wejściu C

„1”

LICZBA	CYFRA W KODZIE HEKSADECYMALNYM	ZAPIS DWÓJKOWY 2 ³ 2 ² 2 ¹ 2 ⁰
0	0	0 0 0 0
1	1	0 0 0 1
2	2	0 0 1 0
3	3	0 0 1 1
4	4	0 1 0 0
5	5	0 1 0 1
6	6	0 1 1 0
7	7	0 1 1 1
8	8	1 0 0 0
9	9	1 0 0 1
10	A	1 0 1 0
11	B	1 0 1 1
12	C	1 1 0 0
13	D	1 1 0 1
14	E	1 1 1 0
15	F	1 1 1 1

Dotatkowa funkcja: dzielnik częstotści !

Licznik złożony z n przerzutników może zliczyć do 2ⁿ impulsów
 Kod stanów licznika czterobitowego = kod **heksadecymalny**

Czterobitowy licznik szeregowy: układ 7493

Szeregowy licznik z przerzutników J-K - czas reakcji przerzutnika

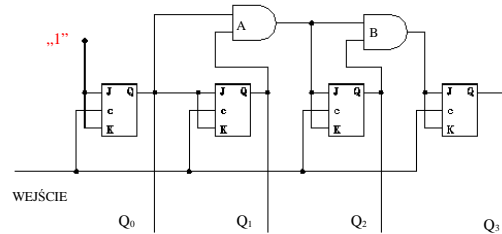
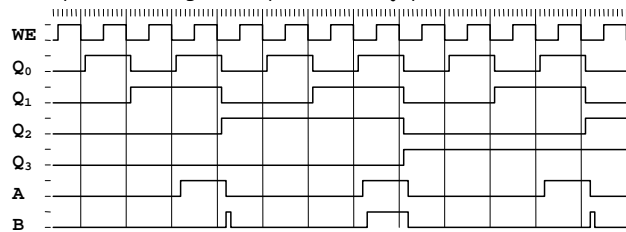
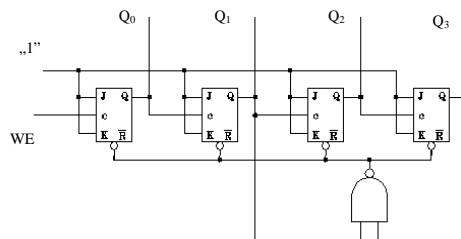
Przebiegi idealne - czas reakcji przerzutnika J-K równy zero

Przebiegi rzeczywiste - uwzględniony czas reakcji przerzutnika J-K

Okres stanów przejściowych przy kolejnych zliczeniach

Liczniki równoległe:

- jednoczesne sterowanie wejściami zegarowymi poszczególnych przerzutników
- sterowanie funkcją każdego przerzutnika przez podanie „0” lub „1” na J i K
- stan zmienia tylko ten przerzutnik na którego wejścia J i K podana jest „1”
- szybszy niż licznik szeregowy

**Przebiegi rzeczywiste - uwzględniony czas reakcji przerzutnika J-K i bramki AND****Liczniki dziesiętne - pracujące w kodzie dziesiętnym -****BCD (Binary Coded Decimal)****Zliczanie modulo 10**

CYFR A	BCD
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

W szeregowym liczniku BCD bramka AND wykrywa dziesiątkę (stan 1010) i zeruje licznik za pomocą asynchronicznych wejść kasujących R

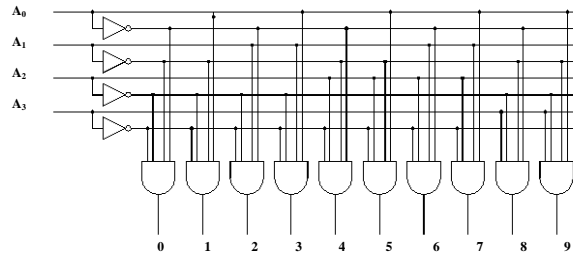
Liczniki BCD w układach 7490

Dekodery:

Zamiana informacji binarnej (w danym kodzie) na informację „zrozumiałą”

Najczęściej wykorzystuje się do sterowania wyświetlaczami informacji numerycznych i alfanumerycznych

Przykład: dekodery dla wyświetlacza nodistronowego:



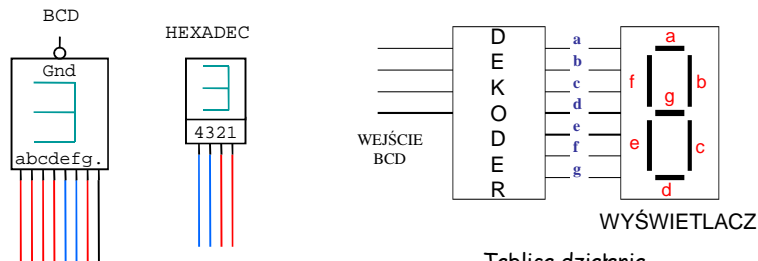
Przyjęta konwencja: stan aktywny wyjścia = 1

Budowa oparta o realizację następujących równań logicznych:

$$"0" = \overline{A_0} * \overline{A_1} * \overline{A_2} * \overline{A_3} \quad "1" = A_0 * \overline{A_1} * \overline{A_2} * \overline{A_3} \quad "2" = \overline{A_0} * A_1 * \overline{A_2} * \overline{A_3}$$

Dekoder BCD → wskaźnik siedmioelementowy

Dostosowanie do kodu siedmioelementowego (a, b, ..., g elementy wyświetlacza)



Tablica działania
dekodera BCD → wskaźnik siedmioelementowy

Wejścia BCD				Wyjścia						
Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1

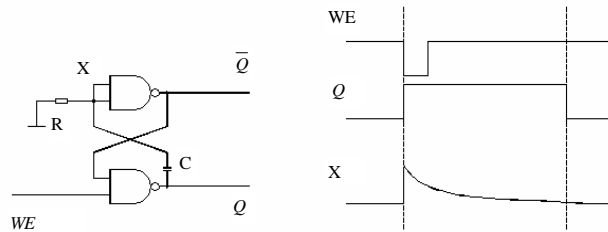
Przyjęta konwencja: stan aktywny = 1

Wskaźniki na ciekłych kryształach najbardziej sprawne energetycznie

Dekodery BCD i alfanumeryczne - do wyświetlaczy z diod świecących, ciekłokrystalicznych.

Przerzutnik monostabilny (uniwibrator, mono-flop)

Najprostszy przerzutnik monostabilny można zbudować z bramek NAND:



- zero logiczne na wejściu ustawia wyjście Q do stanu „1” i ładuje kondensator
- Rozładowanie kondensatora przez opornik ze stałą czasową RC . Po czasie proporcjonalnym do stałej RC układ powraca do stanu wyjściowego: $Q=„0”$.
- Czas trwania poziomu wysokiego na wyjściu Q określa stała czasowa RC (czas rozładowania kondensatora)

Zastosowanie

- ustalenie szerokości okna czasowego dla pomiaru (odmierzanie czasu)
- kształtowanie i unormowanie sygnałów logicznych (czas trwania)
- pomiar pojemności lub oporu

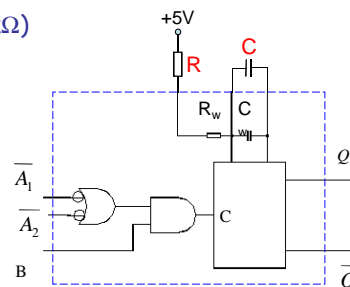
Specjalizowane układy przerzutników monostabilnych (74121 i 74123)

Gdy wejście C znajdzie się w stanie logicznym „1” => na wyjściu Q generowany impuls o czasie trwania proporcjonalnym do stałej czasowej RC

Wewnętrzna pojemność i rezystancja - generacja impulsu długości około 40 ns

- można zwiększać rezystancję (z 2 k Ω do 40 k Ω)
- można zwiększać pojemność (dowolnie)

➔ można generować z dobrą powtarzalnością impulsy o czasie trwania do 40 s

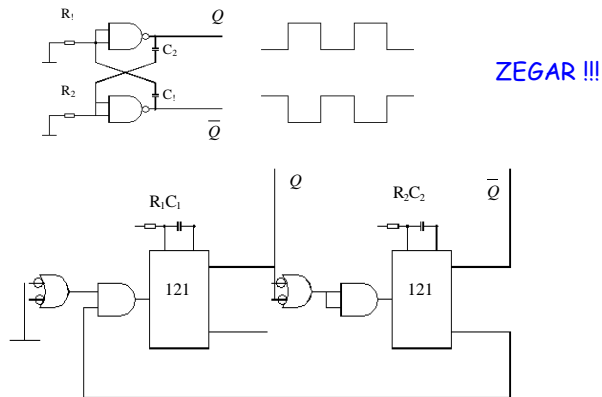


W układzie 74123: dwa przerzutniki monostabilne restrygerowalne

Przerzutnik astabilny (multiwibrator, flip-flop)

Przerzutniki astabilne są generatorami impulsów prostokątnych.

Najprostszy układ można zbudować z bramek lub przerzutników monostabilnych

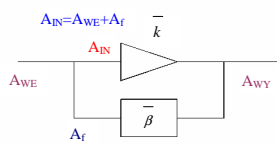


Sprężenie zwrotne:

- oddziaływanie skutku na przyczynę
- wpływa na własności układu elektronicznego

Wzmacniacz: podstawowy układ elektroniczny ze sprzężeniem zwrotnym.

Pętla sprzężenia zwrotnego przenosi część sygnału z wyjścia na wejście „IN” umożliwiając dodawanie do sygnału wejściowego „WE”.



Wzmocnienie wzmacniacza: $\bar{k} = A_{wy} / A_{in}$

Stopień sprzężenia zwrotnego: $\bar{\beta} = A_f / A_{wy}$

ponieważ: $A_{in} = A_{we} + A_f$

➤ wypadkowe wzmocnienie układu ze sprzężeniem: $k_f = \frac{A_{wy}}{A_{we}} = \frac{A_{wy}}{A_{in} - A_f} = \frac{\bar{k}}{1 - \bar{\beta}\bar{k}}$

Wzmacniacz i układ sprzężenia zwrotnego **przesuwają fazę:**

$$\bar{k} = k \exp(j\phi) \quad \text{oraz} \quad \bar{\beta} = \beta \exp(j\psi)$$

Stąd, wzmocnienie wzmacniacza ze sprzężeniem zwrotnym: $k_f = \frac{k(\cos\phi + j\sin\phi)}{1 - k\beta[\cos(\phi + \psi) + j\sin(\phi + \psi)]}$

Szczególne przypadki:dodatnie sprzężenie zwrotne $\phi+\psi=2n\pi$

$$k_f = \frac{\bar{k}}{1 - k\beta}$$

zwiększenie efektywnego wzmocnienia wzmacniaczaujemne sprzężenie zwrotne $\phi+\psi=(2n+1)\pi$

$$k_f = \frac{\bar{k}}{1 + k\beta}$$

zmniejszenie efektywnego wzmocnienia wzmacniaczaRodzaj sprzężenia zwrotnego wpływa na własności urządzeń elektronicznych**Stabilność wzmocnienia:** stabilność bezwzględna := $\gamma = dk_f/dk$

$$\text{wrażliwość względna} := \gamma_R = \frac{dk_f/k_f}{dk/k}$$

Dla dodatniego sprzężenia zwrotnego

$$\gamma = \frac{1}{(1 - \beta k)^2} \quad \gamma_R = \frac{1}{1 - \beta k} > 1$$

czyli **stabilność wzmacniacza pogarsza się**

Dla ujemnego sprzężenia zwrotnego:

$$\gamma = \frac{1}{(1 + \beta k)^2} \quad \gamma_R = \frac{1}{1 + \beta k} < 1$$

czyli **ujemne sprzężenie zwrotne poprawia stabilność układu**Jeśli duże wzmocnienia ($k \rightarrow \infty$) i ujemne sprzężenie, to $k_f \rightarrow 1/\beta$

Parametry układu są wyznaczone tylko przez parametry układu sprzężenia zwrotnego, które mogą być bardzo stabilne (elementy bierne)

Sprzężenie zwrotne ustala pasmo transmisji układów elektronicznych

Charakterystyka wzmacniacza podobna jak dla filtra dolnoprzepustowego

$$\bar{k}(\omega) = \frac{\bar{k}_0}{1 + j \frac{\omega}{\omega_g}}$$

Wzmocnienie układu ze sprzężeniem zwrotnym β

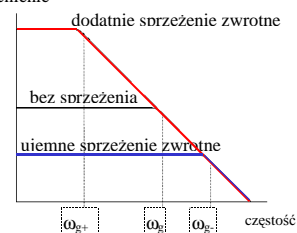
$$\bar{k}_f(\omega) = \frac{\bar{k}(\omega)}{1 - k\beta(\omega)} = \frac{\frac{\bar{k}_0}{1 + j \frac{\omega}{\omega_g}}}{1 - \frac{\beta \bar{k}_0}{1 + j \frac{\omega}{\omega_g}}}$$

$$\text{Oznaczając: } \omega_{fg} = \omega_g (1 - \beta \bar{k}_0) \quad k_{f0} = \bar{k}_0 / (1 - \beta \bar{k}_0)$$

otrzymujemy wzmocnienie układu ze sprzężeniem:

$$\bar{k}_f(\omega) = \frac{\bar{k}_{f0}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_{fg}}}$$

wzmocnienie

**Ujemne sprzężenie zwrotne:**

- zmniejszenie maks. wzmocnienia
- zwiększenie częstości granicznej

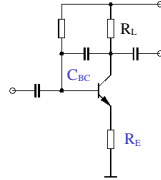
Dodatnie sprzężenie zwrotne:

- zwiększenie maks. wzmocnienia
- ograniczenie pasma przenoszenia

Ujemne sprzężenie - korzystna modyfikacja własności układu elektronicznego

- zwiększenie stabilności,
- redukcja współczynnika szumów,
- poszerzenie pasmo częstotliwości

Zmniejszenie efektywnego współczynnika wzmocnienia nie jest ograniczeniem!

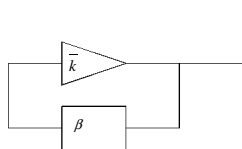


Ujemne sprzężenie zwrotne stosuje się w układach tranzystorowych do **stabilizacji punktu pracy** - za pomocą rezystora R_E umieszczonego w emiterze

Występuje w postaci **efektu Millera**, (pojemność C_{BC}) powodującego ograniczenie wzmocnienia dla wysokich częstotliwości

Dodatnie sprzężenie zwrotne oddziałuje niekorzystnie na układ i w urządzeniach elektronicznych jest w zasadzie stosowane **tylko w generatorach**

Generatory - najczęściej wzmacniacze z silnym dodatnim sprzężeniem zwrotnym

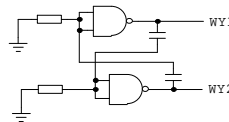
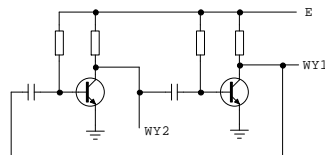


$$k_f = \frac{\bar{k}}{1 - k\beta}$$

dla $k\beta \rightarrow 1$

wzmocnienie efektywne układu

$k_f \rightarrow \infty$



Multiwibrator astabilny (generator przebiegów prostokątnych)

- połączone w pętli dwa wzmacniacze o wspólnym emiterze (każdy odwraca fazę) oba tranzystory pracują w nasyceniu!
- dwie sprzężone bramki NAND

osc2.ckt

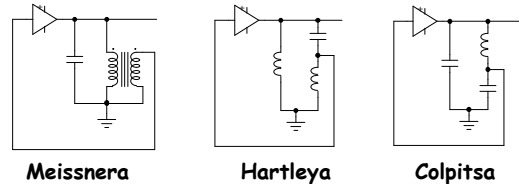
osc3.ckt

Generator przebiegów sinusoidalnych

Zasada: dodatnie sprzężenie zwrotne tylko dla ograniczonego pasma częstotliwości

- Warunek sprzężenia zwrotnego spełniony tylko dla częstotliwości rezonansowej ω_0
- Przebiegi sinusoidalne o częstotliwości ω_0

Podstawowe układy wzmacniaczy odwracających fazę z dodatnim sprzężeniem rezonansowym

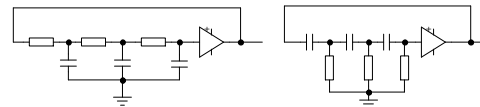


Meissnera

Hartleya

Colpitsa

Z przesuwnikami fazowymi:



Oscylacje przy częstotliwości, dla której przesunięcie fazowe wynosi 180°

Stabilność częstotliwości ($\Delta\nu/\nu$) układów ze sprzężeniem RLC **nie przekracza 10^{-4}**

Można także budować generatory ze wzmacniaczami nieodwracającymi fazy

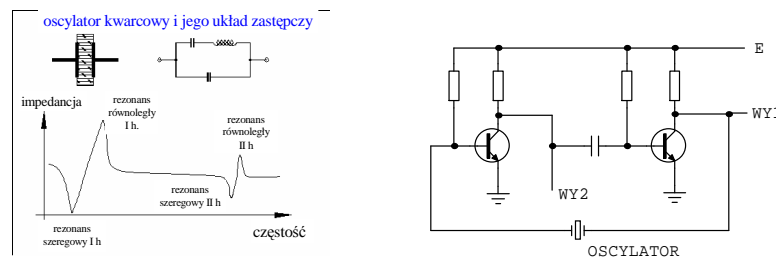
reconator.ckt

Oscylator kwarcowy w pętli rezonansowej sprzężenia zwrotnego

Zwiększenie stabilności częstotliwości oscylacji (drgania układów mechanicznych)

- Kryształy kwarcu mają własności **piezoelektryczne**
- Efekt piezoelektryczny jest odwracalny: przykładanie napięć do ścian kryształu piezoelektrycznego powoduje jego odkształcanie

oscylator kwarcowy \Leftrightarrow układ rezonansowy szeregowo-równoległy



Stabilność częstotliwości może przekraczać 10^{-7}

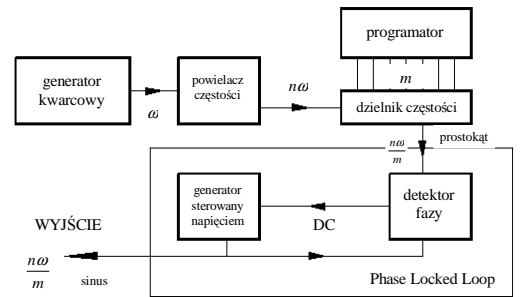
Podstawowe układy generatorów kwarcowych są nieprzestrzajalne

reconator.ckt

Syntezy - generatory kwarcowe o częstotliwości regulowanej

- dzielenie częstotliwości za pomocą techniki cyfrowej
- mnożenie i sumowanie częstotliwości w technice nieliniowej

Stabilność odpowiada stabilności wzorcowego generatora kwarcowego



Syntezy stosowane w badaniach naukowych i telekomunikacji

także w odbiornikach radiowych i telewizyjnych