



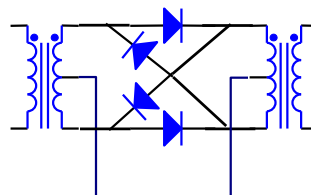
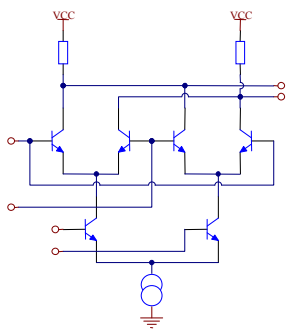
Politechnika Wrocławska



Detekcja synchroniczna i PLL



Układ mnożący -detektor fazy !

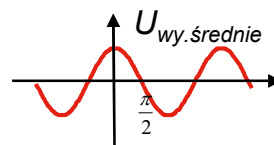




Detekcja synchroniczna

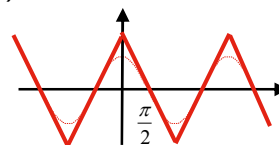
Gdy na wejścia podamy przebiegi o różnych częstotliwościach $U_1 \cos(\omega_1 t)$ i $U_2 \cos(\omega_2 t + \varphi)$ oraz U_2 ma **dużą** amplitudę to:

$$U_{wy, \text{średnie}} = \begin{cases} U_1 \cos \varphi & \text{dla } \omega_1 = \omega_2 \\ 0 & \text{dla } \omega_1 \neq \omega_2 \end{cases}$$



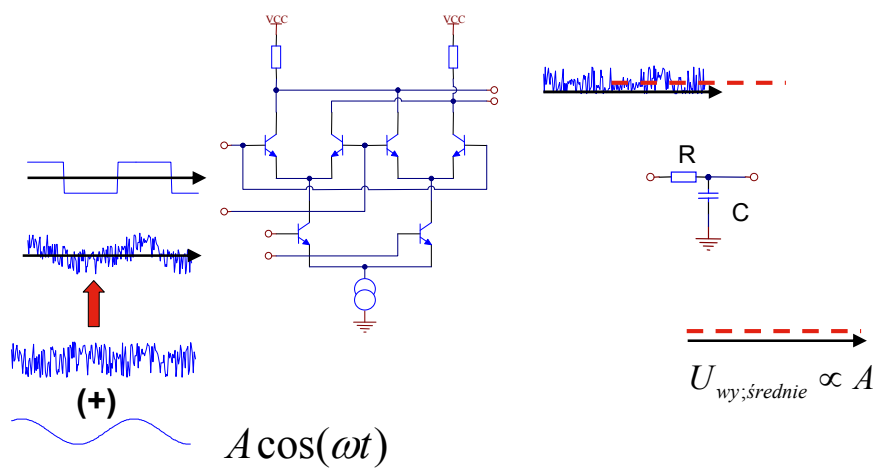
Gdy na wejścia podamy przebiegi o różnych częstotliwościach $U_1 \text{rec}(\omega_1 t)$ i $U_2 \text{rec}(\omega_2 t)$ to:

$$U_{wy, \text{średnie}} = \begin{cases} U_1 (\varphi - \pi / 2) & \text{dla } \omega_1 = \omega_2 \\ 0 & \text{dla } \omega_1 \neq \omega_2 \end{cases}$$





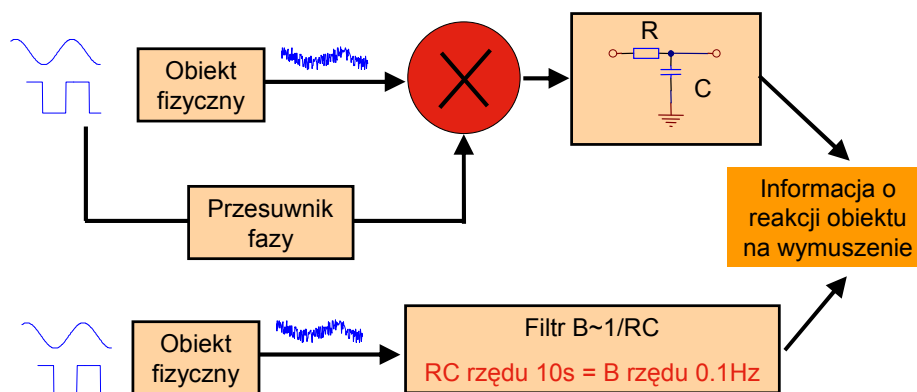
Detekcja synchroniczna





Detekcja synchroniczna

Układ mnożący == detektor synchroniczny





Detekcja synchroniczna

- Detekcja synchroniczna
- Detekcja homodynowa
- Lock-in amplifier

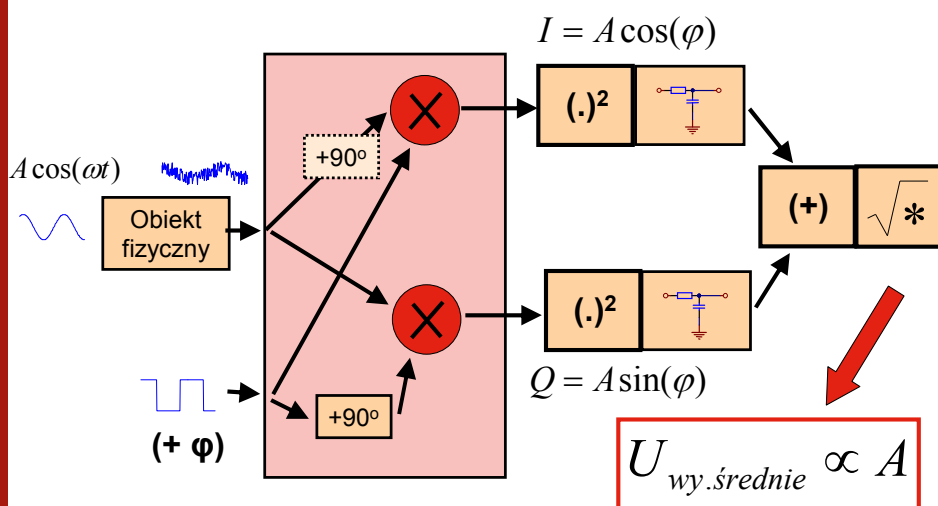


Lock-in amplifier przykład



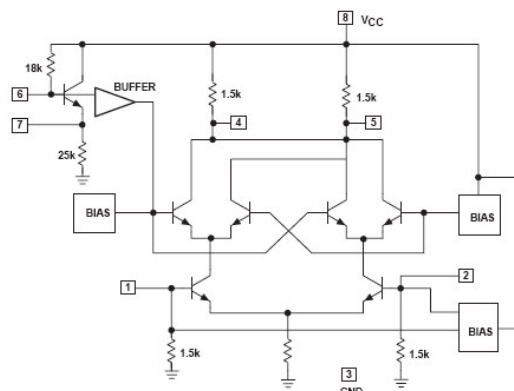


Detekcja synchroniczna gdy $\varphi \neq 0$ Detektor kwadraturowy lub I&Q



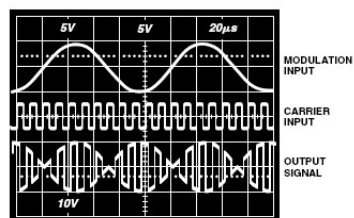
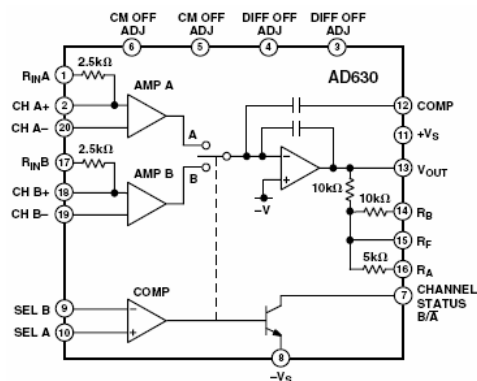


Detektor synchroniczny scalony np. NE612 lub NE602 (może być mieszaczem)





Detektor synchroniczny scalony np. AD630



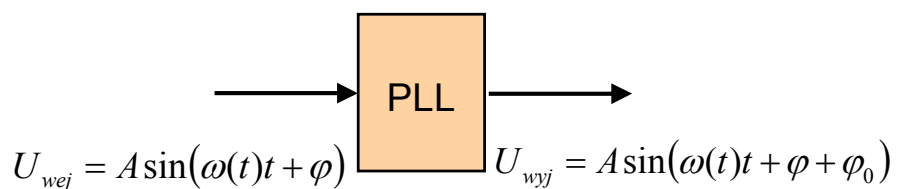
Modulacja DSB-S.C. !!!



Pętla synchronizacji fazowej PLL (Phase Locked-Loop)

Służy do synchronizacji przebiegów

-tzn. na wyjściu uzyskuje się sygnał o „**dokładnie**” tej samej częstotliwości, co sygnał wejściowy i tej samej fazie (z dokładnością do stałej)



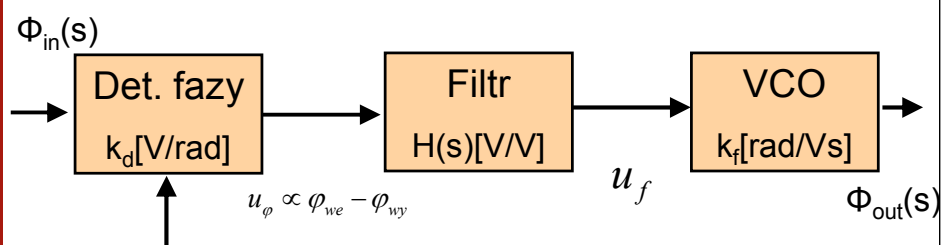


PLL

- Synchronizuje się do częstotliwości podstawowej lub harmoniczných
- Może utrzymywać częstotliwość przy zanikach sygnału wejściowego (filtr całkujący)
- Sygnał wejściowy może być mocno zaszumiony lub zakłócaný (fazowo lub amplitudowo)
- Z szumu wyławia jeden sygnał (ma charakter filtru selektywnego)



PLL - schemat blokowy





„Sygnały fazy”

$$U_{in} = A \sin(\omega t + \Phi_{in}(t))$$

$$\Phi_{in}(t) \succ \Phi_{in}(s)$$

$$U_{out} = A \sin(\omega t + \Phi_{out}(t))$$

$$\Phi_{out}(t) \succ \Phi_{out}(s)$$



Całkujący charakter VCO

$$A \sin(\omega(t)t + \varphi(t)) = A \sin(\Phi(t))$$

$$\omega(t) \equiv \frac{d\Phi(t)}{dt} \quad \text{z definicji}$$

$$\omega(t) \equiv \omega_0 + k_f u(t) \quad \text{z "potrzeby"}$$

$$\frac{d\Phi(t)}{dt} = \omega_0 + k_f u(t)$$

$$\Phi(t) = \int_0^t (\omega_0 + k_f u(t)) dt$$

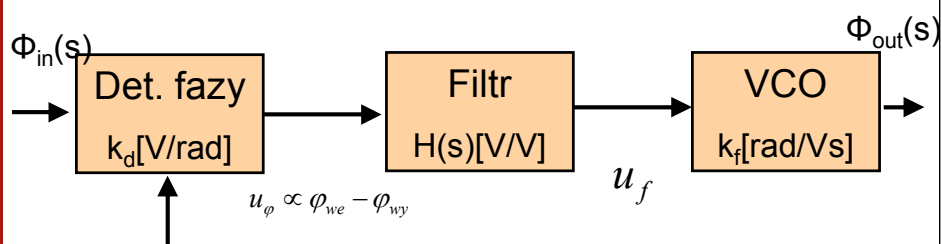
$$\Phi(s) \asymp \frac{k_f}{s} U(s)$$

W przekształceniu Laplace's
całkowaniu odpowiada
dzieleniu przez **s**



PLL - schemat blokowy

$$G_{otw}(s) \equiv \frac{\Phi_{out}(s)}{\Phi_{in}(s)} = k_d H(s) \frac{k_f}{s}$$





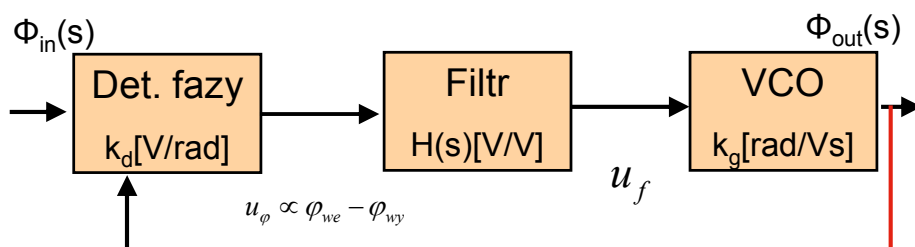
Typ układu PLL

$$G_{otw}(s) \equiv \frac{\Phi_{out}}{\Phi_{in}} = k_d \frac{k_f}{s} H(s) = \frac{licznik(s)}{s^{typ}(wielomian(s))}$$

Typ = krotność zerowego bieguna
transmitancji otwartej pętli



PLL - schemat blokowy



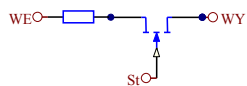
$$G_{zam}(s) \equiv \frac{\Phi_{out}}{\Phi_{in}} = \frac{k_d k_g H(s)}{s + k_d k_g H(s)} = \frac{Licznik(s)}{Mianownik(s)} = \frac{Licznik(s)}{s^{rzad} + reszta(s)}$$

Rząd układu =

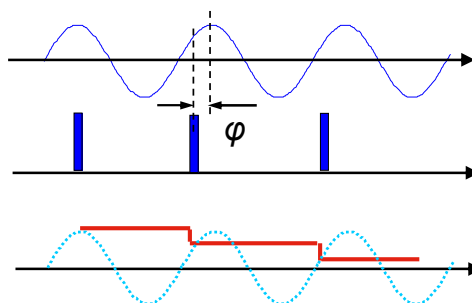
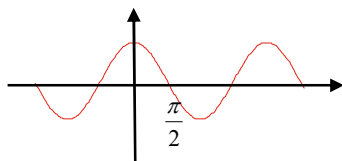
rząd licznika funkcji transmitancji układu z
zamkniętą pętlą



Detektory fazy układ próbkujaco - pamiętający

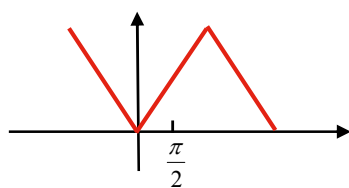
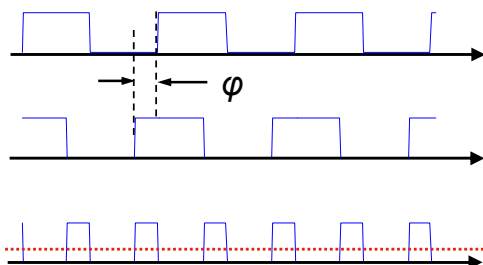
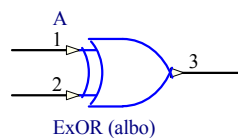


$$U_{wy\delta y} = \frac{U_{0we}}{\pi} \cos(\varphi)$$





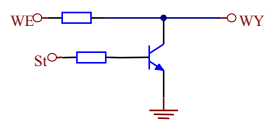
Detektory fazy bramka EXOR



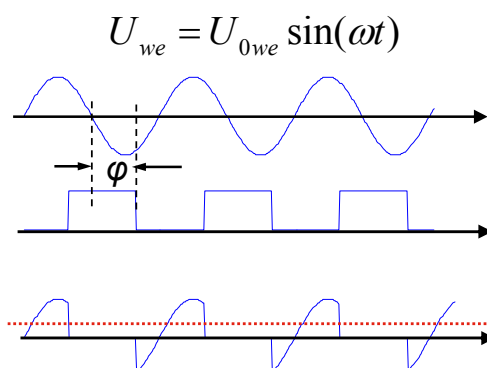
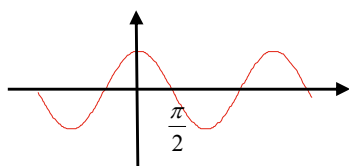
Baranowski II strys.5.30



Detektory fazy klucz (układ mnożący)



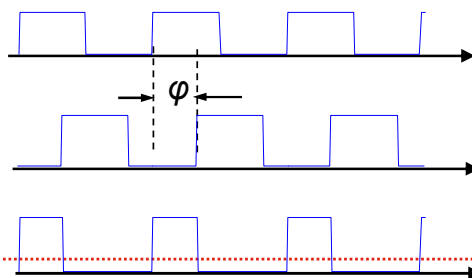
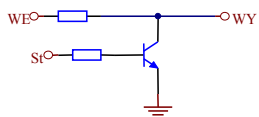
$$U_{wy\dot{s}y} = \frac{U_{0we}}{\pi} \cos(\varphi)$$



baranowski



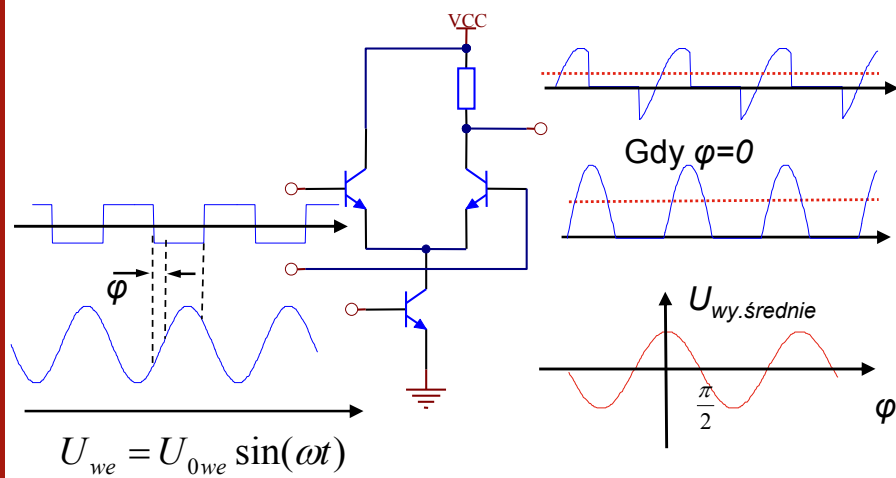
Detektory fazy klucz (układ mnożący)



$$U_{wy.średnie} = U_{0we} \varphi / 2$$

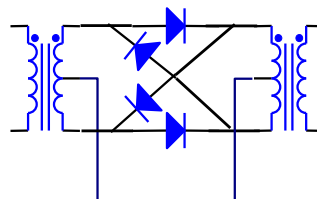
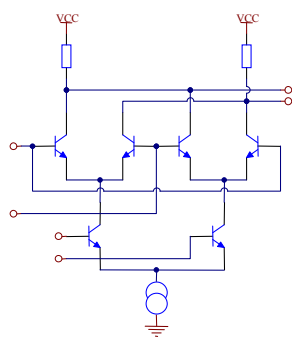


Detektory fazy układ mnożący





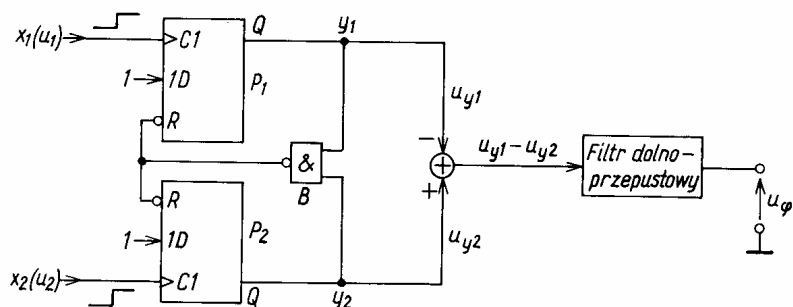
Detektor podwójnie zrównoważony Double-balanced mixer



Układy diodowe nawet do GHz

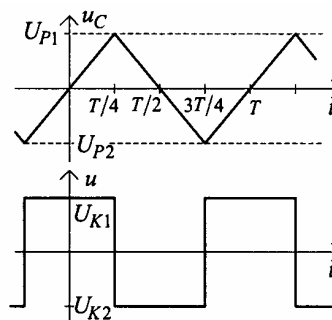
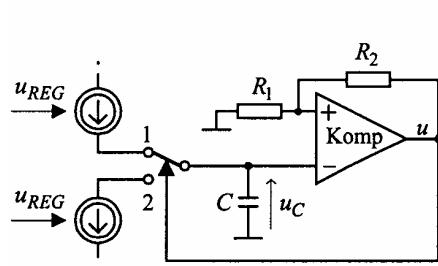


Detektory fazy i częstotliwości z przerzutników D

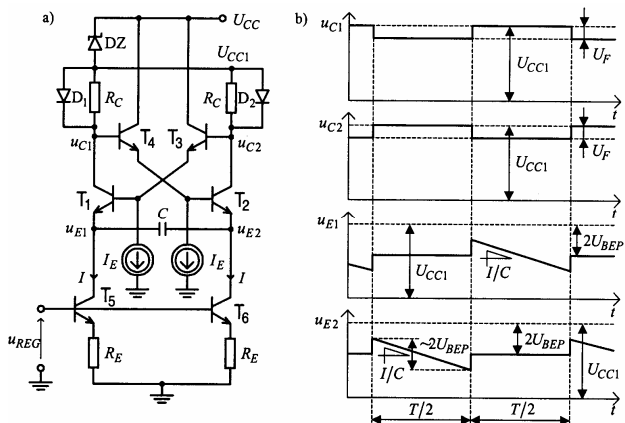




Generatory VCO - integrator przerzutnik



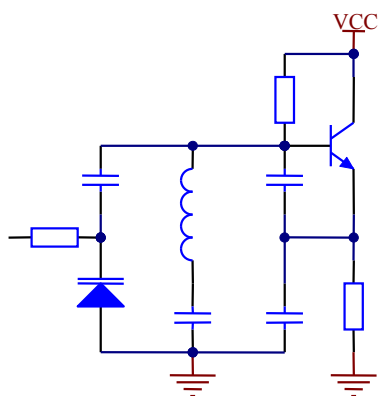
- ze sprzężeniem emiterowym



$$f = \frac{I}{4U_{BE}C}$$



Bezpośrednia modulacja częstotliwości VCO- Voltage Controlled Oscillator



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

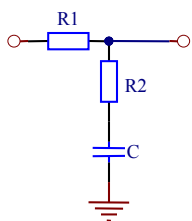
$$C = \frac{C_o}{\sqrt{1-u/V}}$$

$$\Omega = \Omega_0 + f(m(t))$$

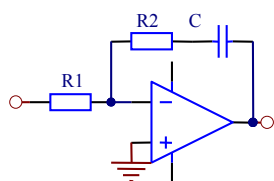
Funkcja mocno
nieliniowa !!!!!



PLL = filtr



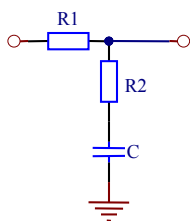
$$H(s) = \frac{1 + R_2 C s}{1 + (R_1 + R_2) C s}$$



$$H(s) = \frac{1 + R_2 C s}{R_1 C s}$$

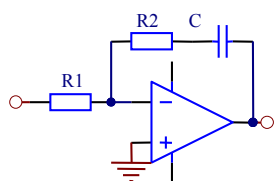


PLL funkcja przenoszenia układu z pętlą otwartą



$$G_{otw}(s) = \frac{1 + R_2Cs}{1 + (R_1 + R_2)Cs} \cdot \frac{k_d k_f}{s}$$

Typ pierwszy

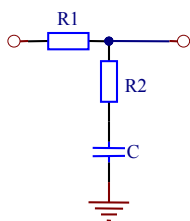


$$G_{otw}(s) = \frac{1 + R_2Cs}{R_1Cs} \cdot \frac{k_g k_f}{s}$$

Typ drugi



PLL funkcja przenoszenia układu z pętlą zamkniętą



$$\tau_1 = R_1 C \quad \tau_2 = R_2 C \quad K = k_d k_f$$

$$G_{zam}(s) = \frac{\omega_n \left(2\xi - \frac{\omega_n}{K} \right) s + \omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

Rząd drugi

$$\Delta\omega_L = 2\xi\omega_n$$

$$\Delta\omega_C = \frac{8}{\pi} \sqrt{K\xi\omega_n - \omega_n^2}$$

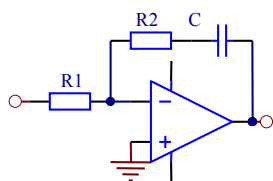
$$t_C = \frac{(\Delta\omega)^2}{2\xi\omega_n^2}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K}{\tau_2 + \tau_2}}; \quad \xi = \frac{1}{2} \omega_n \left(\frac{1 + K\tau_2}{K} \right)$$

Pulsacja swobodna i stała tłumienie drugi



PLL funkcja przenoszenia układu z pętlą zamkniętą



$$\tau_1 = R_1 C \quad \tau_2 = R_2 C \quad K = k_d k_f$$

$$G_{zam}(s) = \frac{2\xi\omega_n s + \omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

Rząd drugi

$$\Delta\omega_L = 2\xi\omega_n$$

$$\Delta\omega_C = \frac{8}{\pi} \sqrt{K\xi\omega_n - \omega_n^2}$$

$$t_C = \frac{(\Delta\omega)^2}{2\xi\omega_n^2}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K}{\tau_1}}; \quad \xi = \frac{\tau_2}{2} \sqrt{\frac{K}{\tau_1}}$$

Pulsacja swobodna i stała tłumienia drugi



PLL - reakcja na sygnał wejściowy

$$\Phi_{out}(s) = G_{zam}(s)\Phi_{in}(s)$$

$$\Phi_{out}(t) \succ \Phi_{out}(s)$$

$$\omega(t) = \frac{d\Phi_{out}(t)}{dt}$$

Skokowa zmiana fazy
(np.. PSK impulsowa modulacja fazy)

$$\Phi_{in}(t) = \Delta\varphi$$

$$\Phi_{in}(s) = \frac{\Delta\varphi}{s}$$

Skokowa zmiana częstotliwości
(np. FSK impulsowa modulacja
częstotliwości)

$$\Phi_{in}(t) = \Delta\omega t$$

$$\Phi_{in}(s) = \frac{\Delta\omega}{s^2}$$

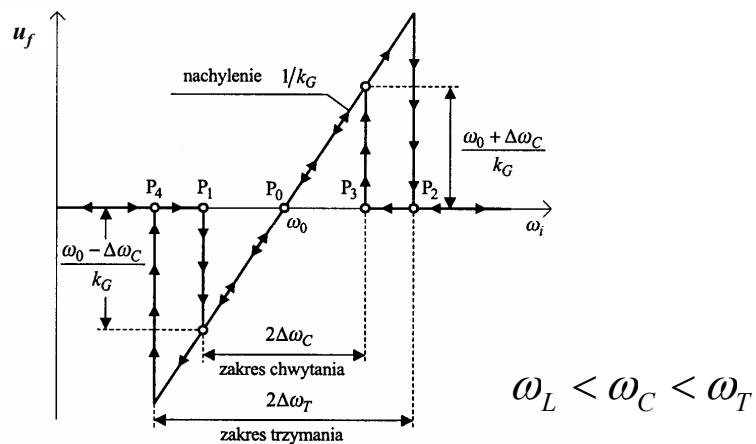
Liniowa zmiana częstotliwości
(np. modulacja „chirp”)

$$\Phi_{in}(s) = \frac{V}{s^3}$$

$$\Phi_{in}(s) = \frac{V}{s^3}$$



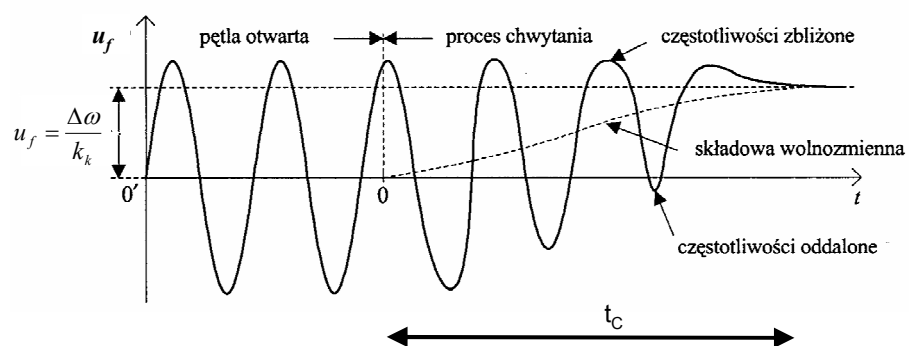
PLL zakresy chwytania i trzymania



tu $k_G = k_f$



PLL proces synchronizacji



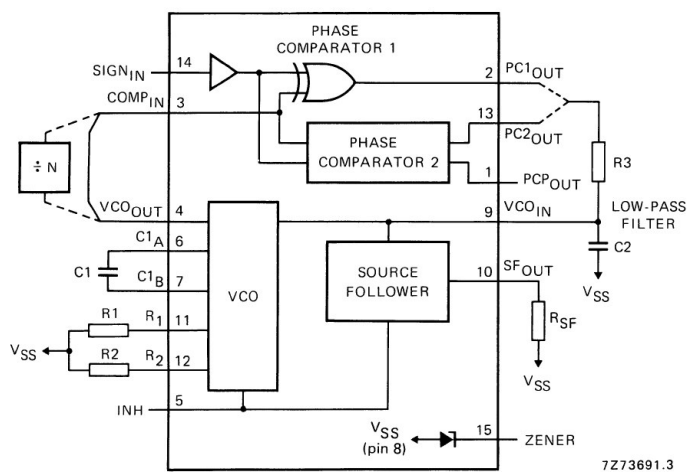


PLL zastosowania

- Demodulacja AM
- Detekcja synchroniczna
- Modulatory i demodulatory FM i PM
- Synteza częstotliwości
- Synchronizacja systemów telekomunikacyjnych

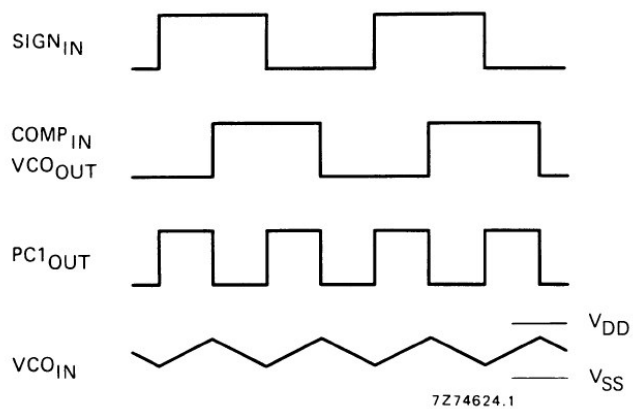


Pętle scalone 4046



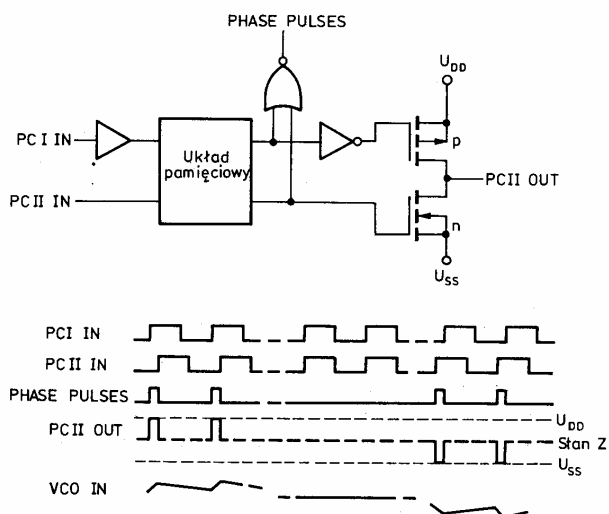


4046 detektor fazy I





4046 komparator fazy II



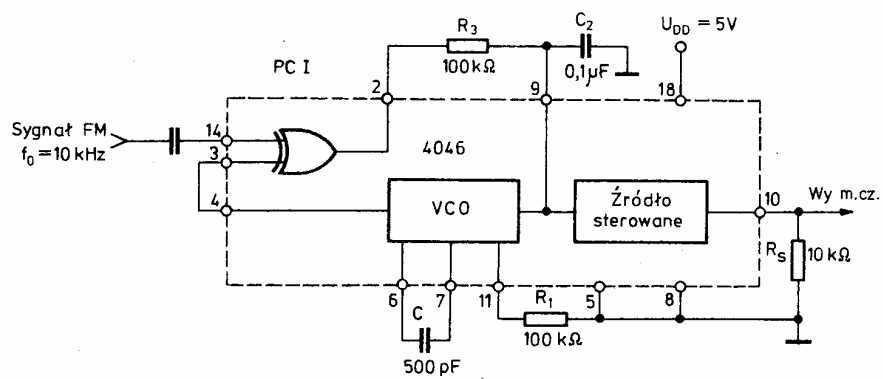


4046 charakterystyka

Charakterystyka	Detektor I (efor)	Detektor II
Brak sygnału na wejściu	$f_{wyj} = f_0$	$f_{wyj} = f_{min}$
Przesunięcie fazy we/wy	90deg dla f_0 0 do 180 na granicach $2f_T$	0deg
Syn. Do harmoniczych	synchronizuje	Nie synchronizuje
Odporność na szum	duża	mala
$2f_T$ (trzymanie)	$f_{max} - f_{min}$	
$2f_C$ (chwytanie)	$f_C < f_T$ (zależy od filtru)	$f_C = f_T$

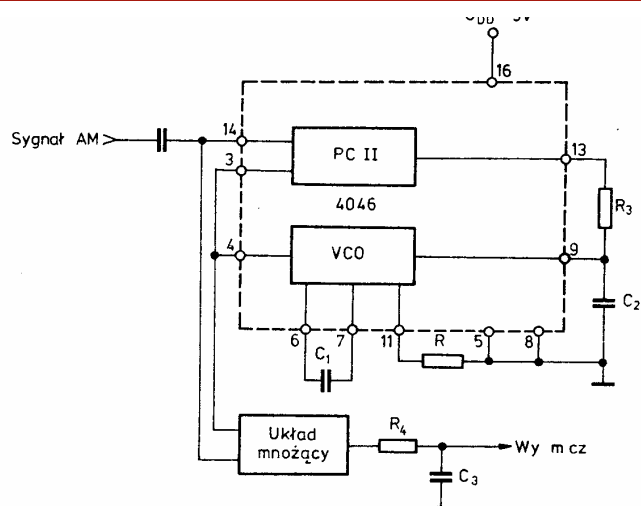


4046 zastosowanie demodulator FM



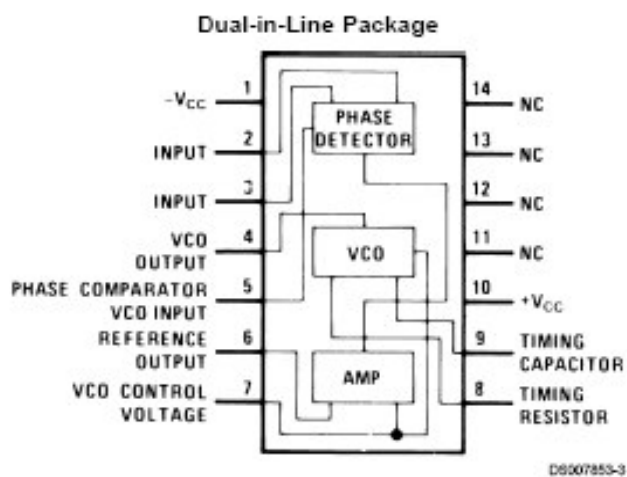


4046 zastosowanie demodulator AM



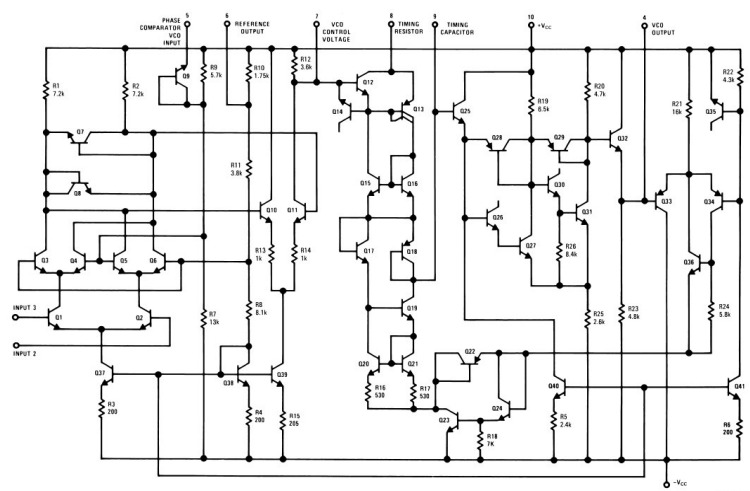


PLL układy scalone LM565 (do 500kHz)



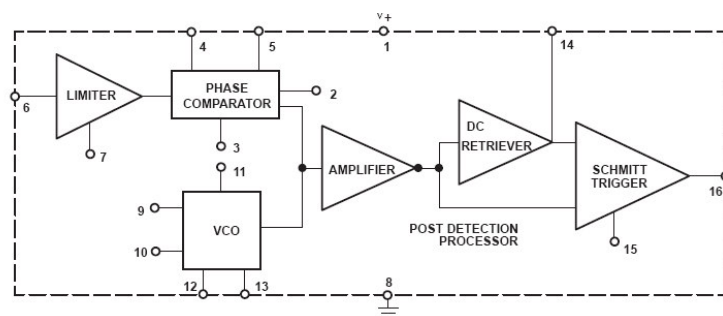


LM565



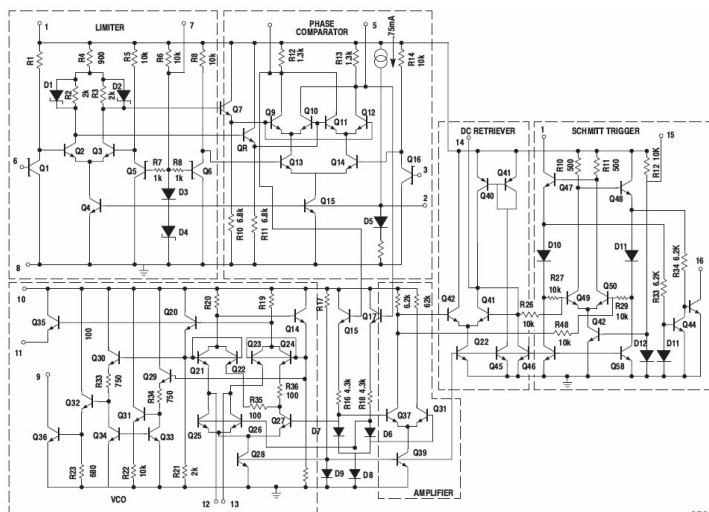


NE564





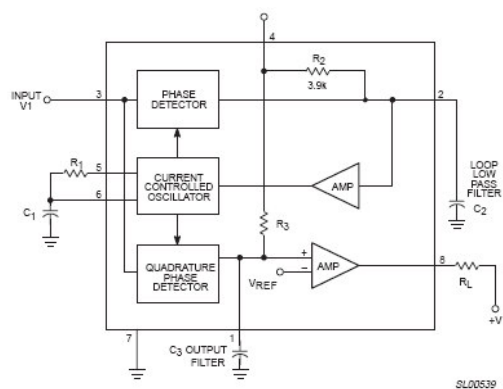
NE564 (do 50MHz)



SR01030

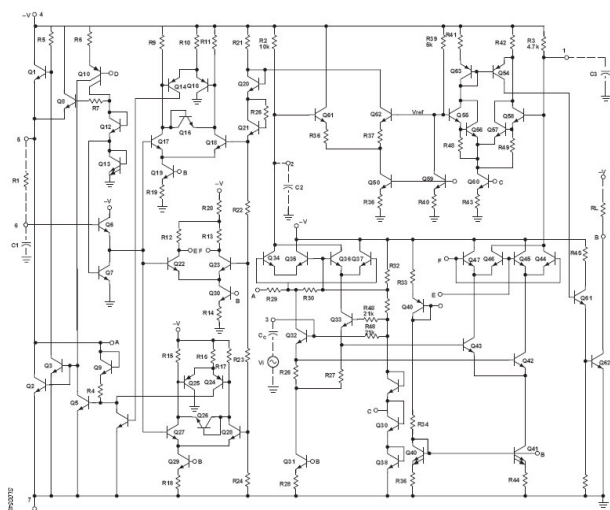


NE567



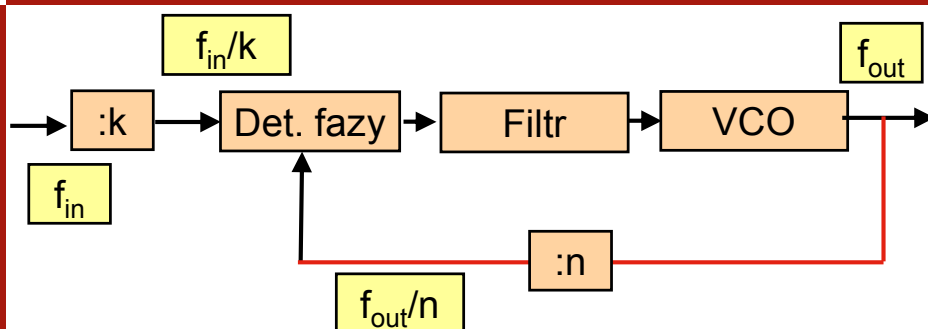


NE567





Synteza częstotliwości

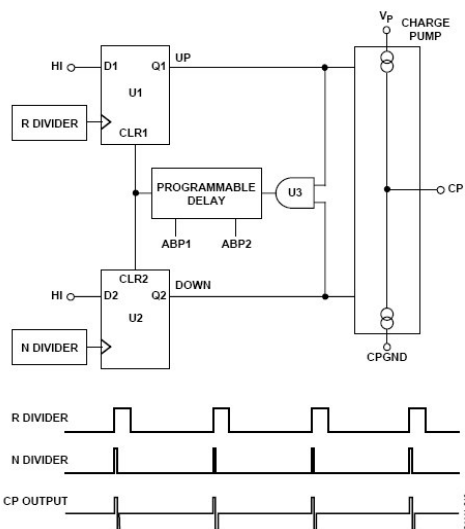


$$\frac{f_{in}}{k} = \frac{f_{out}}{n} \quad \rightarrow \quad f_{out} = \frac{n}{k} f_{in}$$

[illegible]



ADF4360-7 (350-1800MHz)





Podsumowanie detekcja synchroniczna i PLL

- Zasada detekcji synchronicznej
- Detektor podwójnie zrównoważony
- Detektor kwadraturowy
- Zasada działania PLL
- Przykłady bloków funkcjonalnych (detektor fazy, VCO, filtr)
- Zastosowania (detektor AM, detektor FM i PM, synteza częstotliwości)