



**AGH**

**Katedra Elektroniki**

**Podstawy Elektroniki  
dla Teleinformatyki**

**Pętla fazowa**

**Ćwiczenie**

**7**

**2014 r.**

## **1. Wstęp**

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się, poprzez badania symulacyjne, z działaniem pętli fazowej.

## **2. Konspekt**

Pętla synchronizacji fazy - schematy, zasada działania. Zastosowania pętli fazowej.

## **3. Pętla fazowa**

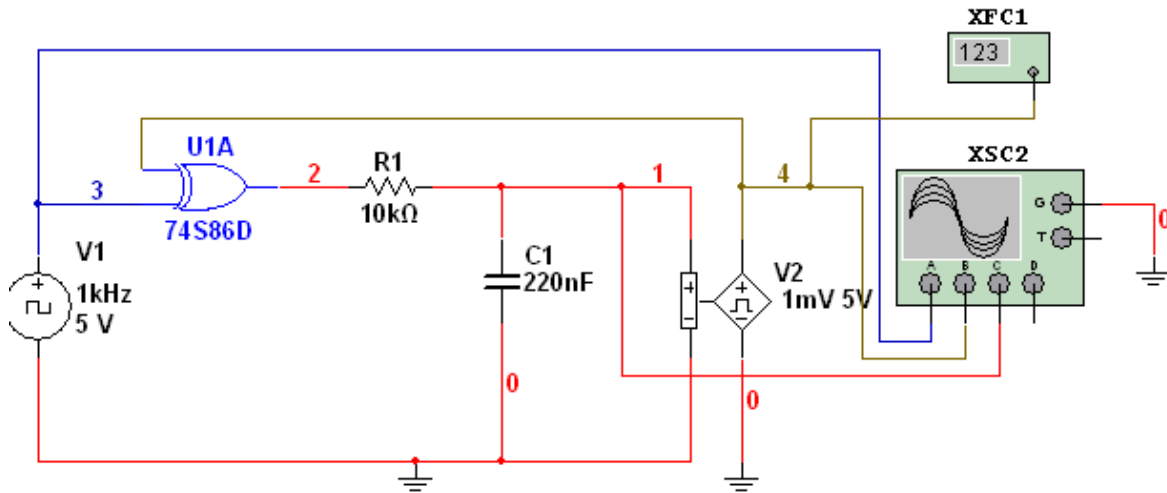
Pętla fazowa umożliwia dostrojenie częstotliwości i fazy generatora przestrajanego do sygnału wejściowego. Proces dostrojenia częstotliwości realizowany jest przy pomocy detektora fazowego, który w zależności od różnicy faz pomiędzy sygnałem odniesienia, a fazą sygnału wyjściowego z generatora przestrajanego ustala odpowiednią amplitudę napięcia kontrolującego generator przestrajany tak, aby utrzymać zadaną wartość przesunięcia pomiędzy fazami obu sygnałów. Tym samym następuje jednoczesne dostrojenie częstotliwości przestrajanego generatora.

### **3.1 Obserwacja synchronizowania się pętli**

#### **3.1.1. Dostrojenie częstotliwości oscylatora przestrajanego do częstotliwości generatora wzorcowego**

Zbuduj układ pętli fazowej jak na rysunku 1.

Przed dokonaniem pomiarów i obserwacji ustaw częstotliwość generatora (zegara)  $V_1$  równą 1kHz przy amplitudzie 5 V oraz parametry dla generatora  $V_2$  sygnału prostokątnego sterowanego napięciem (zakres sygnałów sterujących 1 mV do 5 V i odpowiadający mu zakres częstotliwości 500 Hz do 2 kHz).



Rys. 1. Pętla fazowa - dostrojenie oscylatora przestrajanego do częstotliwości sygnału wzorcowego

W układzie zastosowano bramkę exclusive-OR dla której tablica prawdy jest następująca:

| XOR |   |     |
|-----|---|-----|
| x   | y | wyj |
| 0   | 0 | 0   |
| 0   | 1 | 1   |
| 1   | 0 | 1   |
| 1   | 1 | 0   |

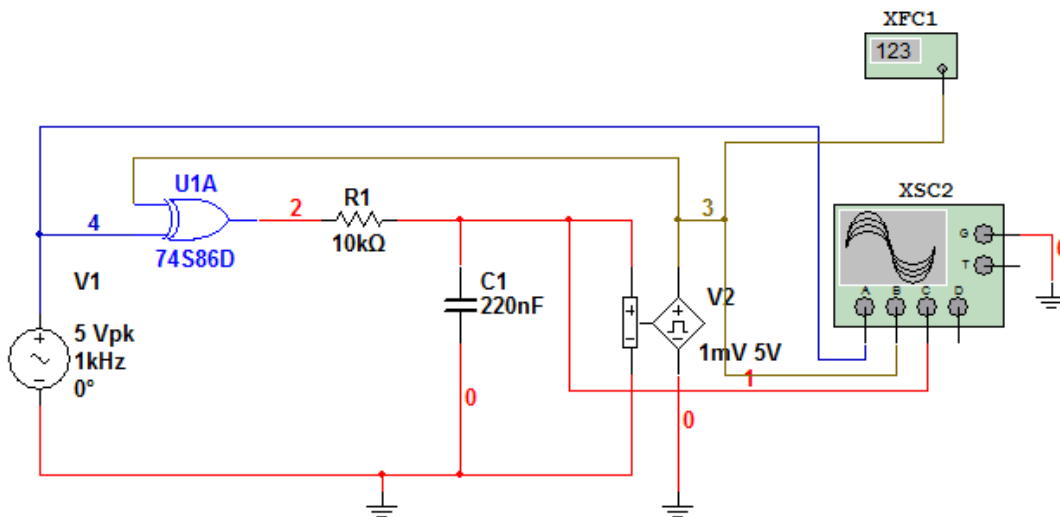
Bramka logiczna XOR jest najprostszym detektorem fazy pierwszego typu. Stan wysoki na wyjściu występuje tylko w przypadku wystąpienia różnicy stanów wejściowych bramki XOR, a więc wtedy, gdy istnieje przesunięcie fazowe pomiędzy tymi sygnałami. Wyjście bramki XOR jest obciążone filtrem dolnoprzepustowym RC. Napięcie na wyjściu filtru zmienia się proporcjonalnie do przesunięcia fazowego występującego między sygnałami wejściowymi bramki. Należy zapewnić współczynnik wypełnienia wejściowych sygnałów bramki równy 50%.

Po uruchomieniu symulacji zaobserwuj na dołączonym oscyloskopie proces dostrajania się faz przebiegu z generatora  $V_1$  i  $V_2$  po kilku/kilkunastu okresach przebiegu. Zaobserwuj wahania napięcia na kondensatorze podczas jego ładowania i rozładowywania sygnałem z bramki XOR oraz stabilizowanie się średniej wartości tego napięcia. Zauważ zmieniające się wskazania częstotściomierza, dążące do ustalonej wartości podczas procesu synchronizowania się pętli. Dla ułatwienia obserwacji możesz ustawić na oscyloskopie inną amplitudę dla kanałów z sygnałami  $V_1$  i  $V_2$ . Zamieść w sprawozdaniu te przebiegi.

Zauważ, że faza sygnału wyjściowego z przestrajanego generatora  $V_2$  przesunięta jest o stałą wartość względem sygnału generatora  $V_1$ . Wyjaśnij, dlaczego tak jest.

### 3.1.2 Dostrajanie się częstotliwości oscylatora do częstotliwości sygnału analogowego

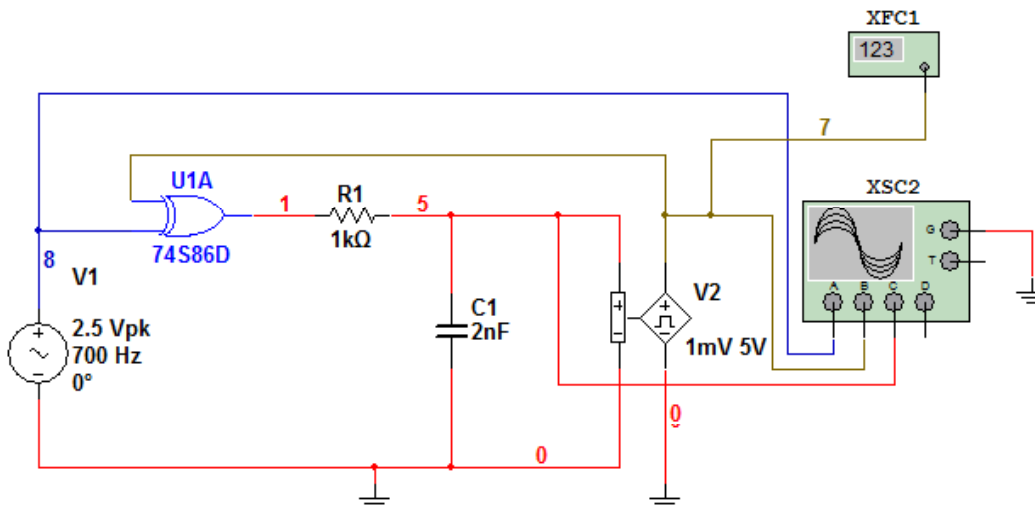
Zbuduj układ pętli fazowej jak na rysunku 2. W tym celu zmień źródło sygnału  $V_1$  na generator sygnału sinusoidalnego. Analogicznie jak poprzednio zbadaj zachowanie pętli fazowej podczas synchronizacji z sygnałem analogowym 1 kHz (amplituda napięcia 2.5 V, offset 2.5 V). Zamieść w sprawozdaniu odpowiednie przebiegi i skomentuj je.



Rys. 2. Pętla fazowa - dostrajanie się częstotliwości oscylatora do częstotliwości sygnału analogowego 1 kHz

### 3.2. Generator kontrolowany za pośrednictwem pętli fazowej

Zbuduj układ pętli fazowej jak na rysunku 3. Przed dokonaniem pomiarów i obserwacji ustaw częstotliwość zegara  $V_1$  równą 700 Hz, wartość amplitudy sygnału sinusoidalnego 2.5 V; wartość offsetu 2.5 V. Ustaw parametry dla generatora  $V_2$  (zakres sygnałów sterujących 1 mV do 5 V i odpowiadający mu zakres częstotliwości 500 Hz do 2 kHz).



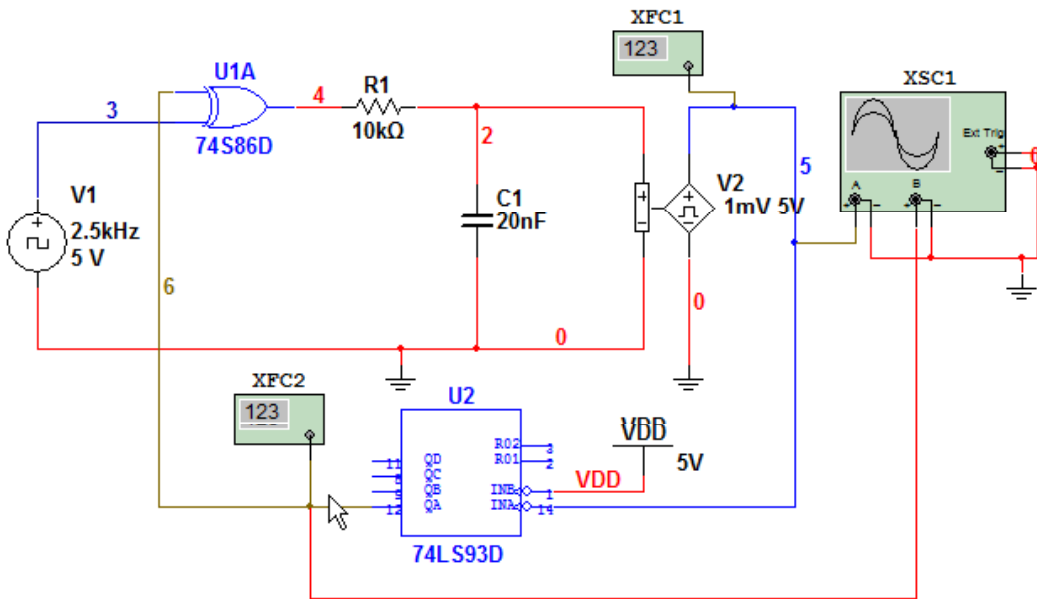
Rys. 3. Pętla fazowa - dostrojenie do sygnału analogowego 700 Hz

Zaobserwuj zachowanie się pętli dla kilku różnych częstotliwości generatora  $V_1$  (muszą mieścić się w zakresie pracy generatora  $V_2$ , czyli 500 Hz - 2 kHz). Zamieść w sprawozdaniu przykładowe przebiegi i skomentuj je. Jaka jest zaleta tego typu generatorów?

### 3.3. Zastosowanie pętli fazowej jako powielacza częstotliwości

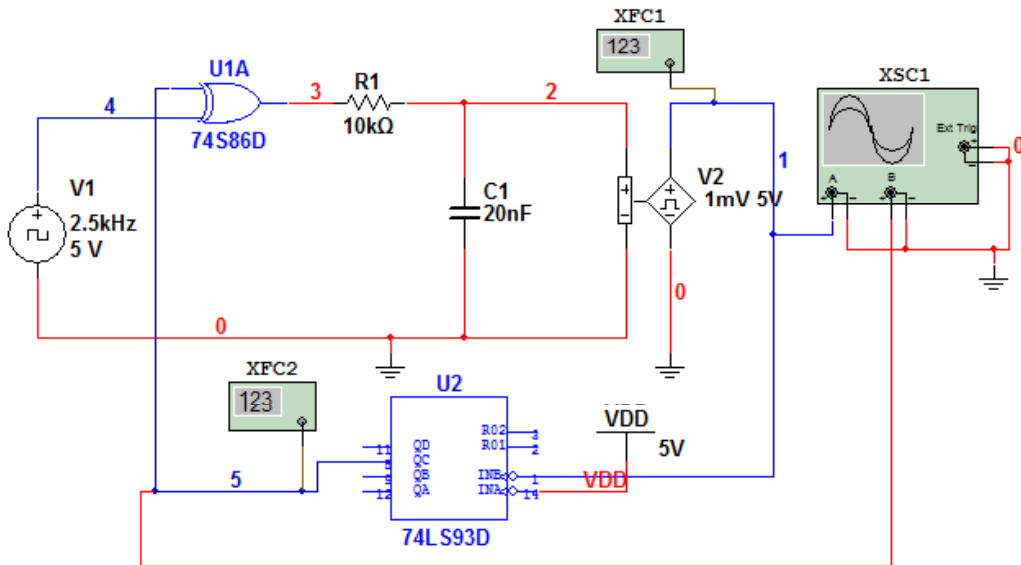
Zbuduj układ jak na rys. 4. W pętli sprzężenia zwrotnego pętli fazowej jest umieszczony dzielnik częstotliwości w postaci licznika cyfrowego. W stanie synchronizmu pętli PLL częstotliwości sterujące detektor fazy są jednakowe, a zatem częstotliwość przebiegu wyjściowego jest  $N$ -krotnie większa niż częstotliwość przebiegu wejściowego.

Ustaw parametry dla generatora V2 (zakres sygnałów sterujących 1 mV do 5 V i odpowiadający mu zakres częstotliwości 1 kHz do 10 kHz). W układzie zastosowano układ 4-bitowego licznika binarnego 74LS93D. Odpowiednie podłączenie wyprowadzeń licznika pozwala na realizację układu powielającego n razy częstotliwość sygnału wejściowego.



Rys. 4. Układ podwajający częstotliwość

W powielaczu częstotliwości wg schematu z rys. 5 zastosowano w obwodzie detektora fazy, filtr  $R_1C_1$  o innych parametrach. Dla generatora  $V_2$  ustaw następujące parametry: zakres napięć wejściowych 0-5 V, zakres częstotliwości wyjściowych 18-22 kHz. Zaobserwuj przebieg napięcia na wyjściu filtra oraz dobierz jego parametry tak, aby oczekiwana wartość częstotliwości została uzyskana.

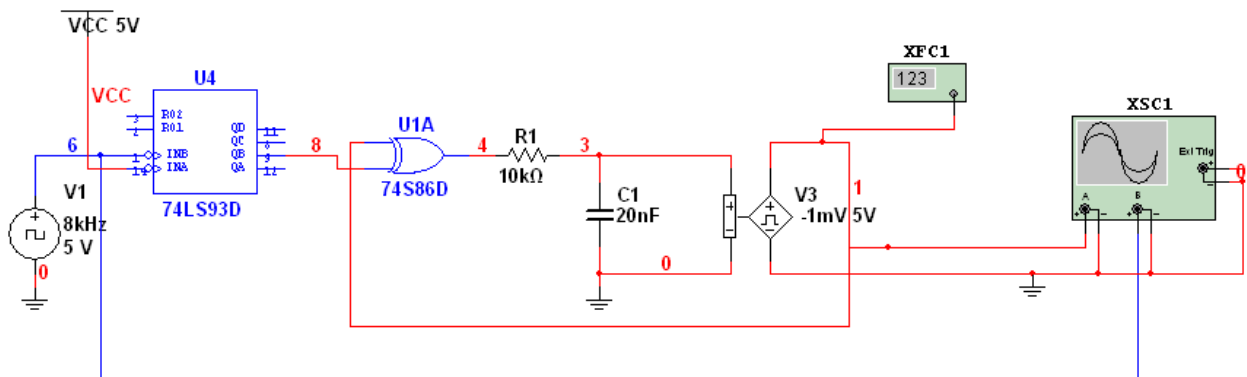


Rys. 5. Układ powielający częstotliwość

W sprawozdaniu zamieść przebiegi wyjściowe sygnałów z generatora V1 oraz generatora VCO potwierdzające pracę pętli fazowej jako powielacza częstotliwości.

### 3.4. Zastosowanie pętli fazowej jako podzielnika częstotliwości

Zbuduj układ jak na rys. 6. Zauważ, że dzielnik częstotliwości w postaci licznika cyfrowego U2 włączony jest przed układem pętli fazowej. Ustaw parametry dla generatora V2 (zakres sygnałów sterujących 1 mV do 5 V i odpowiadający mu zakres częstotliwości 1 kHz do 9 kHz). Zaobserwuj przebieg napięcia na wyjściu generatora VCO oraz zmierz jego częstotliwość. Czy pętla fazowa pracuje jako podzielnik częstotliwości wejściowej?

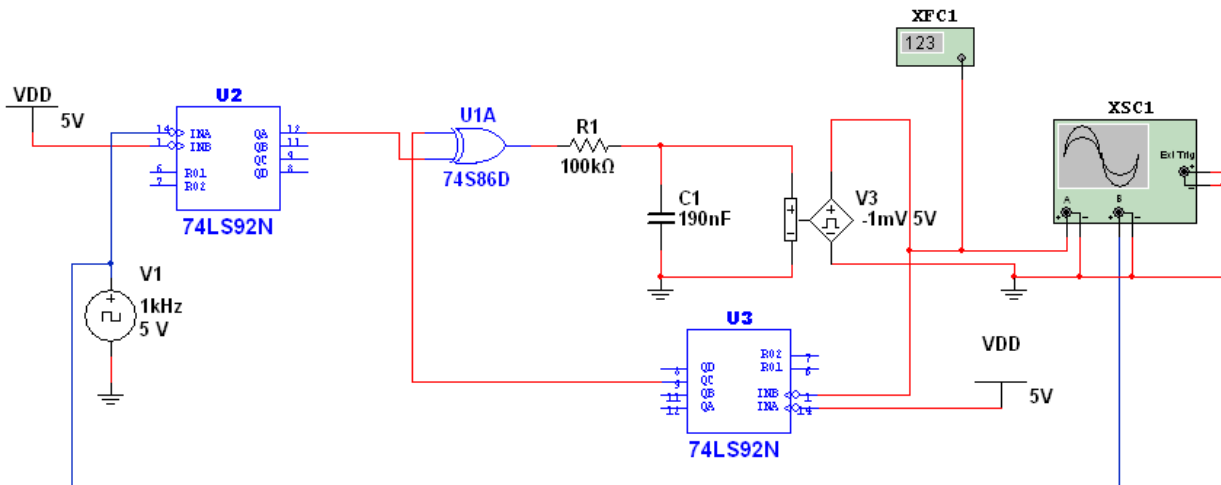


Rys. 6. Pętla fazowa jako podzielnik częstotliwości przez 2.

W sprawozdaniu zamieść przebieg wyjściowy z generatora V1 oraz przebieg wyjściowy z generatora VCO.

### 3.5. Zastosowanie pętli fazowej jako syntezer częstotliwości

Zbuduj układ jak na rys. 7. Ustaw parametry dla generatora V3 (zakres sygnałów sterujących 1 mV do 5 V i odpowiadający mu zakres częstotliwości 1 kHz do 8 kHz). Sprawdź, jakie dzielniki częstotliwości pracują liczniki cyfrowe U2 oraz U3. Zaobserwuj przebieg napięcia na wyjściu generatora VCO i określ ile razy częstotliwość sygnału wejściowego z generatora V1 jest powielana. W sprawozdaniu zamieść przebieg wyjściowy z generatora V1 oraz przebieg wyjściowy z generatora VCO oraz wyjaśnij zasadę działania pętli fazowej jako syntezer częstotliwości.



Rys. 7. Pętla fazowa jako syntezer częstotliwości.

## 4. Opracowanie wyników

Sprawozdanie powinno zawierać schematy ideowe, tabele wyników, zrzuty z ekranów przebiegów kluczowych dla zagadnień poruszanych w czasie ćwiczeń laboratoryjnych oraz interpretację otrzymanych wyników symulacji.

Opracowanie:

Zb. Magoński, M. Sapor, B. Dziurdzia, J. Szyduczyński

19.01.2015

Updated : .....