

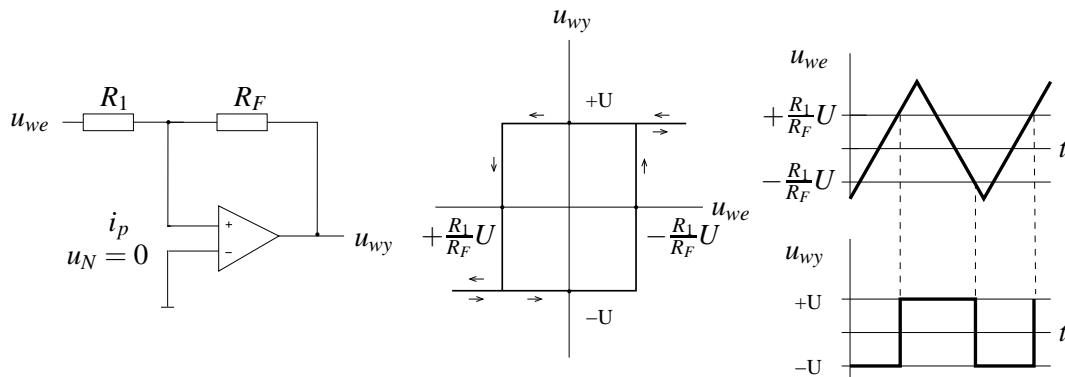
# A-5. Generatory impulsów prostokątnych, trójkątnych i sinusoidalnych

## 1 Zakres ćwiczenia

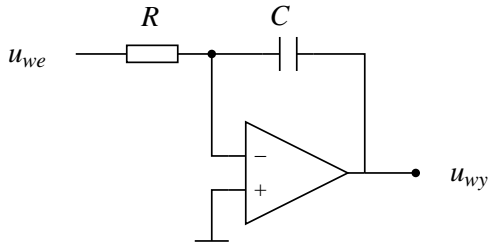
- 1.1 Wytwarzanie napięcia zmieniającego się liniowo.
- 1.2 Paraboliczne przybliżenie sinusoidy.
- 1.3 Modelowanie równania obwodu drgającego.

## 2 Generator przebiegu trójkątnego z regulacją amplitudy, nachylenia i składowej stałej

- 2.1 Przebieg liniowy można uzyskać przez scałkowanie przebiegu prostokątnego. Połączone w pętlę układ Schmitta i integrator tworzą układ samowzbudzony.
- 2.2 Układ Schmitta formuje przebieg prostokątny z przebiegu o dowolnym kształcie. Wzmacniacz operacyjny w układzie jak na rysunku, przy nie podłączonym wejściu, znajduje się w nasyceniu i  $u_{wy}$  jest  $+U$  lub  $-U$ . Przejście do stanu przeciwnego następuje, gdy przez podanie  $u_{we}$  zmieni się znak  $u_p$ . W przypadku  $u_{wy} = -U$  wystąpi to przy  $u_{we} = U \frac{R_1}{R_F}$ , zaś dla  $+U$  przy  $u_{we} = -U \frac{R_1}{R_F}$ . Układ ma więc histerezę  $2U \frac{R_1}{R_F}$ ; jej wartość nie ulegnie zmianie, jeśli w celu przesunięcia poziomów przełączania stosuje się  $u_N = 0$ .



2.3 Jeśli we wzmacniaczu odwracającym zastąpi się rezystor sprzężenia zwrotnego kondensatorem, to powstaje układ całkujący.



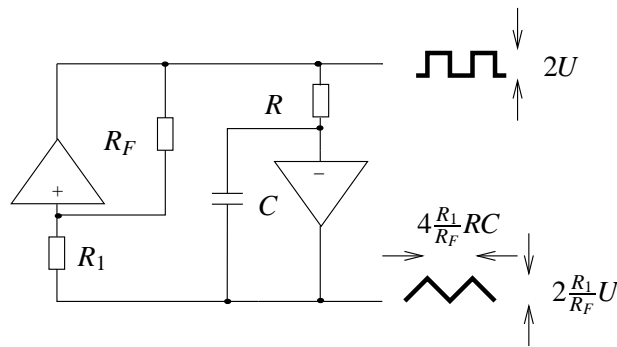
$$\frac{u_{we}}{R} = -C \frac{du_{wy}}{dt},$$

$$u_{wy} = -\frac{1}{RC} \int u_{we} dt.$$

Dla stałej wartości  $u_{we} = U$  będzie  $u_{wy} = -\frac{U}{RC}t$ .

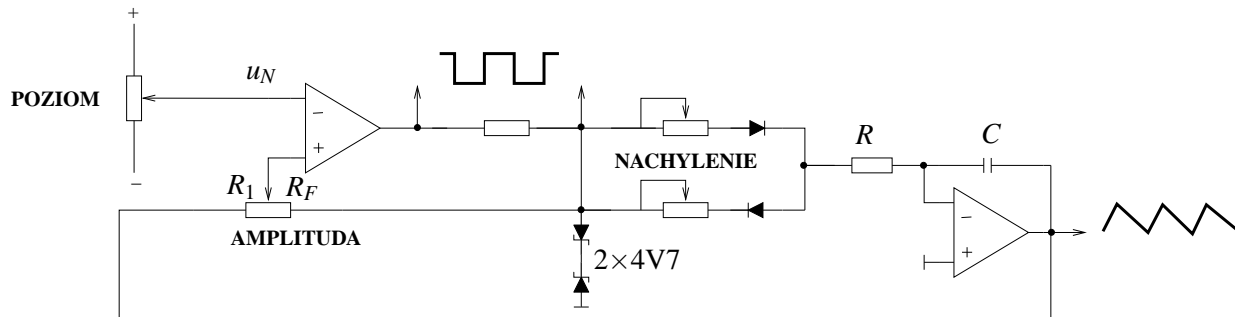
2.4 Przez połączenie obu układów w pętlę otrzymuje się generator:

- a) przebiegu liniowego o szybkości narastania i opadania  $U/RC$ , amplitudzie  $UR_1/R_F$  i okresie drgań  $4R_1RC/R_F$ ,
- b) przebiegu prostokątnego o amplitudzie  $U$ .



2.5 Model ćwiczeniowy zawiera dodatkowo układ standaryzacji amplitudy przebiegu prostokątnego z diodami Zenera ( $U \approx \pm 5V$ ) oraz dla przebiegu trójkątnego:

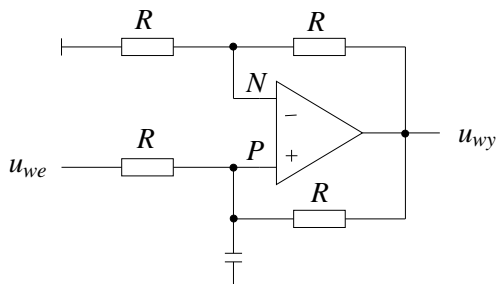
- a) regulację szybkości czasu narastania i opadania przez regulację stałej czasowej integratora, oddzielnie dla biegunowości dodatniej i ujemnej,
- b) regulację amplitudy przez zmianę histerezy układu Schmitta,
- c) regulację składowej stałej przez przesunięcie poziomów przełączenia za pomocą napięcia  $u_N$  (składowa stała napięcia trójkątnego ustali się na poziomie przy którym wartość średnia przebiegu na wyjściu integratora będzie równa zero).



### 3 Generator sinusoidalny z przybliżeniem parabolicznym

3.1 Scałkowanie symetrycznego przebiegu trójkątnego daje przebieg złożony z przeciwnie skierowanych parabol. Aproksymuje on sinusoidę z dokładnością do kilkuprocentowej zawartości harmoniczných.

3.2 W układzie zastosowano integrator nieodwracający:

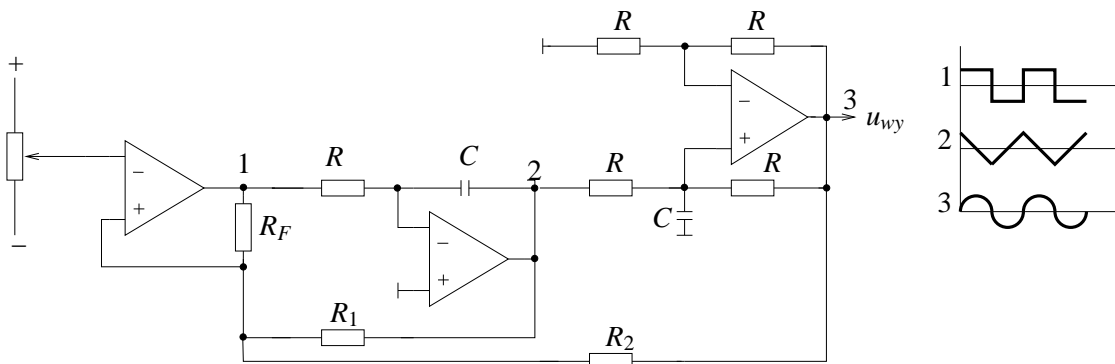


$$\frac{u_{wy} - u_P}{R} + \frac{u_{we} - u_P}{R} = C \frac{du_P}{dt},$$

$$u_P = u_N = \frac{u_{wy}}{2},$$

$$u_{wy} = \frac{2}{RC} \int u_{we} dt.$$

3.3 Generator trójkątny i integrator objęte są pętlą sprzężenia zwrotnego z rezystorem  $R_2$ . Przeciwdziała ono dryfowi napięcia na wyjściu, spowodowanego niesymetrią napięcia trójkątnego. Sprzężenie nie wpływa na przerzut układu Schmitta, bowiem w momencie przeskoku  $u_{wy}$  przechodzi przez zero.



### 4 Generatr sinusoidalny w układzie modelującym równanie obwodu drgającego

4.1 Równanie obwodu drgającego:

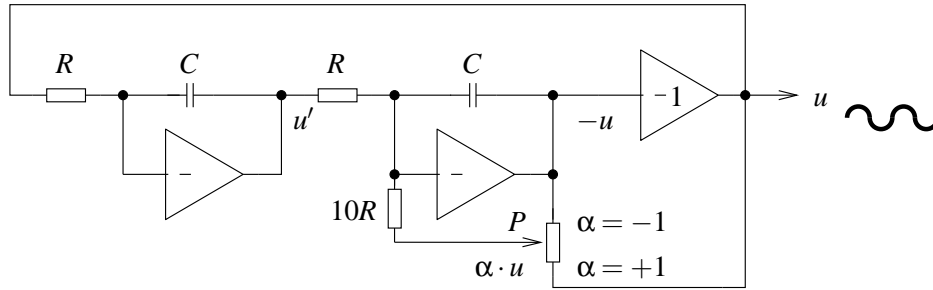
$$\frac{d^2u}{dt^2} + 2\beta \frac{du}{dt} + \omega_0^2 = 0, \tag{1}$$

ma rozwiązanie:

$$u = U e^{-\beta t} \sin \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \cdot t,$$

które przedstawia drgania nietłumione  $U \sin \omega_0 t$ , jeżeli  $\beta = 0$ .

4.2 Równanie (1) może być modelowane następującym układem dwóch integratorów i inwertera:



Dla wejścia inwertera:

$$-u = -\frac{1}{RC} \int \left( u' + \frac{1}{10} \alpha u \right) dt$$

po zróżniczkowaniu:

$$-\frac{du}{dt} = -\frac{1}{RC} \left( u' + \frac{\alpha \cdot u}{10} \right) = -\frac{1}{RC} \left( i \frac{1}{RC} \int u dt + \frac{\alpha \cdot u}{10} \right)$$

po ponownym zróżniczkowaniu:

$$\frac{d^2 u}{dt^2} - \frac{\alpha}{10RC} \frac{du}{dt} + \frac{1}{(RC)^2} u = 0 \tag{2}$$

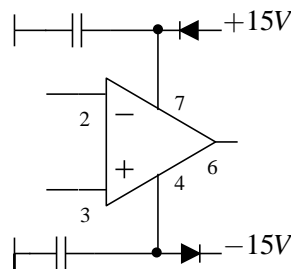
Z porównania (1) i (2) otrzymuje się:

$$\beta = -\frac{\alpha}{20RC} \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}$$

więc dla  $\beta = 0$  należy ustawić  $\alpha = 0$ ; teoretycznie dla  $\alpha < 0$  występuje tłumienie drgań, zaś dla  $\alpha > 0$  amplituda wzrasta. W układach rzeczywistych drgania ustalone otrzymuje się przy  $\alpha \neq 0$  i niezbędne jest zastosowanie potencjometru P.

## 5 Uwagi

5.1 Zastosowano wzmacniacze operacyjne typu  $\mu A741$  zasilane jak na rysunku 5:



5.2 Zagadnienie automatycznej stabilizacji amplitudy drgań zostało pominięte.

## **6 Literatura**

- 6.1** Tietze, Schenk - „Układy półprzewodnikowe”,
- 6.2** Millman, Halkias - „Układy scalone analogowe i cyfrowe”,
- 6.3** Kulka, Nadachowski - „Liniowe układy scalone i ich zastosowanie”.

## **7 Program ćwiczenia**

Zbadać własności generatorów:

- 7.1** Podać przebiegi w charakterystycznych punktach układów,
- 7.2** Zmierzyć amplitudy i składowe stałe,
- 7.3** Podać parametry czasowe,
- 7.4** Zbadać zakresy regulacji,
- 7.5** Wielkości zmierzone porównać z wartościami obliczonymi na podstawie danych ze schematu.

