

LABORATORIUM - ELEKTRONIKA
Projektowanie generatorów sygnału okresowego

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest pokazanie budowy i podstaw działania układów generujących sygnał elektryczny i sposobu ustalania parametrów generowanego przebiegu.

2. Wstęp

Generatorem nazywamy układ elektroniczny przeznaczony do wytwarzania zmiennego przebiegu elektrycznego. Generatory elektroniczne są zawsze przetwornicami energii elektrycznej, to oznacza, że czerpią energię ze źródła prądu stałego i przemieniają ją na energię prądu zmiennego. Układ generujący charakteryzuje się tym, że pracuje w sposób samowzbudny, to znaczy, że nie wymaga sterowania sygnałem zewnętrznym - jest zatem układem niestabilnym.

Jedną z cech charakteryzujących generatory jest kształt napięcia wyjściowego – wygenerowanego w układzie. Najbardziej typowymi kształtami są: sinusoidalny, prostokątny i trójkątny (ew. piłokształtny). Właściwości generatora zależą w głównej mierze od rodzaju obwodu (decydującego o kształcie sygnału) i użytych w nim elementów (warunkujących powstawanie drgań oraz ich częstotliwość). Generalnie rzecz biorąc jest bardzo wiele układów generujących drgania elektryczne i wybór konkretnego z nich zależy od wymagań dotyczących sygnału: jego kształtu, zakresu częstotliwości generowanych drgań, złożoności danego projektu czy jakości generowanego sygnału wejściowego.

W trakcie ćwiczenia zasymulowanych zostanie kilka przykładowych generatorów, przy czym ważnym elementem ćwiczenia będzie obliczenie wartości elementów składających się na generator – decydujących o parametrach generowanego sygnału.

UWAGA!

W trakcie ćwiczenia będziemy projektować generatory o narzuconych parametrach, później je symulując. Z uwagi na niedoskonałości symulatora, przybliżenia we wzorach opisujących poszczególne generatory oraz wpływ parametrów elementów aktywnych na uzyskiwane przebiegi, nie ma szans na otrzymanie dokładnie pożądanego, teoretycznego, obliczonego wartości parametrów zasymulowanych sygnałów – dokładnie zresztą jak w rzeczywistości. Dlatego też, w trakcie ćwiczenia, zakładać należy, że jeśli uzyskany sygnał jest „sensownie bliski” pożądanemu, to obliczenia są właściwe, natomiast odstępstwa od wartości teoretycznych dla poszczególnych układów warto omówić w ramach wniosków.

3. PRZEBIEG ĆWICZENIA

Ćwiczenie polega na zaprojektowaniu i zasymulowaniu generatorów o zadanych parametrach.

Parametry te to:

- Generator Colpittsa – częstotliwość równa $f = 3000 - 100 \cdot A - B$ [Hz],
- Generator RC – częstotliwość równa $f = 2000 + 100 \cdot A - B$ [Hz],
- Multiwibrator astabilny – częstotliwość równa $f = 400 - 10 \cdot A - B$ [Hz],
- Generator cyfrowy na bramkach NOT – częstotliwość równa $f = 40 - A + B$ [Hz],
gdzie:
- A – liczba liter w nazwisku wykonującego sprawozdanie,
- B – liczba liter w imieniu wykonującego sprawozdanie.

Parametry uzyskane na podstawie swoich danych należy wpisać do Tabeli 1 w protokole ćwiczenia.

Uruchomić program Circuit Simulator, wchodząc na stronę: <http://www.falstad.com/circuit/>.

Najpierw zbadamy dwa generatory sygnału sinusoidalnego, pierwszy to absolutnie klasyczny generator LC tzn. generator Colpittsa, drugi to generator RC oparty na wzmacniaczu operacyjnym.

3.1. Pierwszym z badanych generatorów będzie generator Colpittsa. Wstawiamy go do układu:

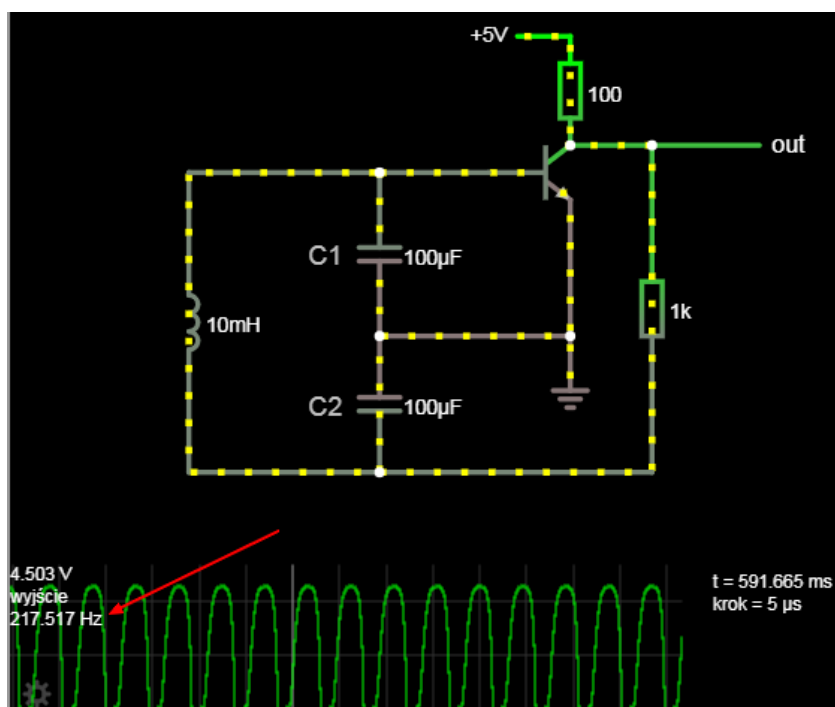
Schematy -> Tranzystory bipolarne -> Generatory -> Generator Colpittsa.

Generator Colpittsa generuje sinusoidę o teoretycznej częstotliwości równej:

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}}}$$

W tym miejscu należy wyliczyć wartości elementów LC (uważajmy na mnożniki jednostek, tu najłatwiej się pomylić!) tak, by teoretyczna częstotliwość była równa zadanej (Tabela 1). Najłatwiej to zrobić wyprowadzając z powyższego wzoru L, wartości C_1 i C_2 traktując jako znane.

Po obliczeniu wartości elementów LC należy je edytować w schemacie (**PPM -> Edycja**), następnie najlepiej jest zatrzymać (**START/STOP**) symulację i uruchomić ją ponownie (**Restart**). Po chwili sygnał zacznie się generować, ustabilizuje i wówczas będzie można sprawdzić, czy pokazywana na wykresie częstotliwość (czerwona strzałka) jest bliska oczekiwanej.



W momencie, gdy częstotliwość sygnału spełnia nasze oczekiwania, obliczone wartości elementów należy zamieścić w sprawozdaniu i przejść do kolejnego układu.

3.2. Drugim z badanych generatorów będzie generator RC. Wstawiamy go do układu:

Schematy -> Wzmacniacze operacyjne -> Generatory -> Generator RC.

Trzyczłonowy (czyli taki jak wstawiony) generator RC generuje sinusoidę o teoretycznej częstotliwości równej:

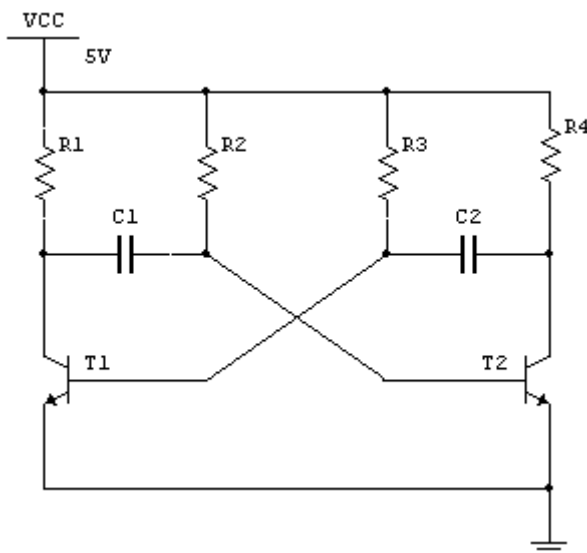
$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

W tym miejscu należy wyliczyć wartości elementów RC tak, by teoretyczna częstotliwość była równa zadanej (Tabela 1). Uwaga! W celu zachowania minimalnego wzmocnienia w układzie, będącego warunkiem generacji, należy zachować wartości R, a z powyższego wzoru wyprowadzić wartość C i to nią manipulować by uzyskać pożądaną częstotliwość sygnału.

Po obliczeniu wartości C należy je edytować w schemacie (**PPM -> Edycja**), następnie najlepiej jest zatrzymać (**START/STOP**) symulację i uruchomić ją ponownie (**Restart**). Po chwili sygnał zacznie się generować, ustabilizuje i wówczas będzie można sprawdzić, czy pokazywana na wykresie częstotliwość jest bliska oczekiwanej.

W momencie, gdy częstotliwość sygnału spełnia nasze oczekiwania, obliczone wartości elementów należy zamieścić w sprawozdaniu i przejść do kolejnego układu.

3.3. Trzecim badanym generatorem będzie układ generujący sygnał prostokątny – jest to klasyczny multiwibrator astabilny zbudowany z użyciem tranzystorów bipolarnych:



Układ ten generuje sygnał prostokątny o teoretycznej częstotliwości równej:

$$f = \frac{1}{\ln 2 \cdot (C_1 \cdot R_2 + C_2 \cdot R_3)}$$

Wstawiamy generator do układu:

Schematy → Tranzystory bipolarne → Multiwibratory - > Multiwibrator astabilny.

Jak widać, generowany sygnał na razie nie wygląda zbyt prostokątnie, ale efekt końcowy powinien już takim być. Ponadto, w układzie tym domyślnie nie jest pokazana częstotliwość generowanego sygnału. By ją zobaczyć, należy kliknąć PPM na wykres i we **Właściwościach** wybrać **Wyświetl częstotliwość**.

Kolejnym krokiem jest zmiana wartości rezystancji (**PPM → Edycja**) R2 i R3 na 10k każda.

Jak widać zmiana wartości rezystancji od razu wpłynęła na generowany sygnał. Jeżeli sygnał naszym zdaniem jest zbyt „gęsty” lub zbyt „rozciągnięty” to ponownie we **Właściwościach** możemy pomanipulować parametrem **Podstawa czasu**. Dla obecnych parametrów np. właściwa jest podziałka 50ms/div.

W tym miejscu należy wyliczyć wartości elementów RC tak, by teoretyczna częstotliwość była równa zadanej (Tabela 1). Najsensowniej jest zostawić wartości rezystancji bez zmian, a z powyższego wzoru na częstotliwość wyliczyć sobie wartości kondensatorów C.

Po obliczeniu wartości C należy je edytować w schemacie (**PPM → Edycja**), następnie najlepiej jest zatrzymać (**START/STOP**) symulację i uruchomić ją ponownie (**Restart**). Po chwili sygnał zacznie się generować, ustabilizuje i wówczas będzie można sprawdzić, czy pokazywana na wykresie częstotliwość jest bliska oczekiwanej (prawdopodobnie znów trzeba będzie zmienić podstawę czasu na około 500us/div).

W momencie, gdy częstotliwość sygnału spełnia nasze oczekiwania, obliczone wartości elementów należy zamieścić w sprawozdaniu i przejść do kolejnego układu.

3.4. Czwartym badanym generatorem będzie ponownie układ generujący sygnał prostokątny, tym razem na bramkach NOT: **Schematy → Tranzystory MOSFET → Generator oparty na negatorach.**

Generowana przez ten układ częstotliwość dana jest wzorem:

$$f = \frac{1}{2,2RC}$$

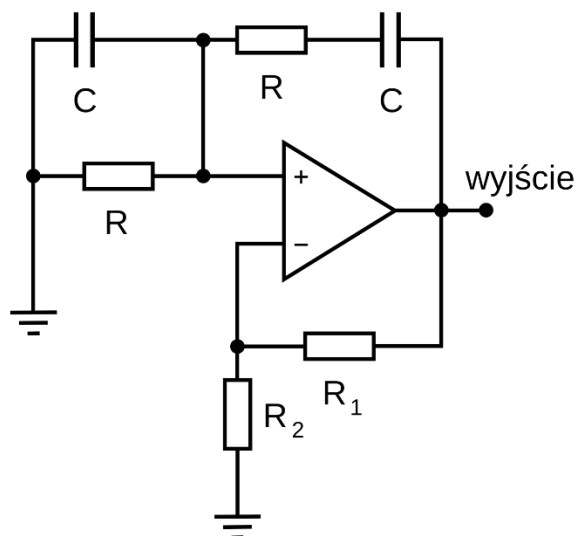
Należy obliczyć wartości elementów R i C, a następnie symulacyjnie sprawdzić działanie układu.

W momencie, gdy częstotliwość sygnału spełnia nasze oczekiwania, obliczone wartości elementów należy zamieścić w sprawozdaniu i przejść do kolejnego układu.

- 3.5. Ostatnim zadaniem laboratoryjnym będzie badanie generatora z mostkiem Wiena. Generuje on sygnał o teoretycznej częstotliwości równej:

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

Jego schemat pokazano na poniższym rysunku:



Kluczowe dla tego generatora jest założenie, że warunkiem generacji jest wzmocnienie układu wzmacniacza odwracającego fazę, na którym jest on oparty równe co najmniej 3. Wzmocnienie to dane jest wzorem:

$$H_u = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

W pierwszym kroku należy zbudować ten układ. Najsensowniej jest skorzystać ze znanego już układu generatora RC. Można go otworzyć (**Schematy** → **Wzmacniacze operacyjne** → **Generatory** → **Generator RC**) i przebudować tak, by odtwarzał strukturę z rysunku.

Niech $R=1k$, $C=500n$, natomiast wartości R_1 i R_2 należy samodzielnie dobrać tak, by H_u było równe 3.

- Następnie należy uruchomić symulację i sprawdzić, czy układ generuje sygnał.
- Jeżeli generuje, to czy jego częstotliwość zgadza się z teoretyczną.
- Jeżeli się zgadza, to należy sprawdzić, jak zmiany wzmocnienia H_u wpływają na generowany sygnał (jego kształt, częstotliwość, itp.). Wnioski z tego eksperymentu należy zamieścić w protokole.

- 3.6. Na tym kończy się część praktyczna. Kolejne ewentualnie nasuwające się wnioski/przemyślenia umieszczamy w protokole. We wnioskach szczególną uwagę należy zwrócić na uzyskane różnice między teorią a praktyką i kształt uzyskiwanych sygnałów (np. na ile sinusoida jest faktycznie sinusoidą).

4. Literatura

- [1] „Elektrotechnika i elektronika dla nieelektryków”, WN-T, Warszawa 2005
- [2] Horovitz, Hill, „Sztuka elektroniki”, WKŁ, Warszawa 2018
- [3] Pawłowski J., „Podstawowe układy elektroniczne – Wzmacniacze i generatory”, WKiŁ, Warszawa 1980

Opracowanie ćwiczenia:
Seweryn Lipiński