



Laboratorium tekstroniki

Ćwiczenie nr 1

Indukcyjny czujnik do pomiaru częstości oddechowej

Instytut Elektroniki, Zakład telekomunikacji

Autorzy:

mgr inż. Paweł Oleksy

dr inż. Łukasz Januszkiewicz

Ćwiczenie nr 1

Indukcyjny czujnik do pomiaru częstości oddechowej

Cel ćwiczenia:

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z metodą pomiaru częstości oddechowej bazującej na zmianie objętości klatki piersiowej oraz poznanie układu elektronicznego umożliwiającego odwzorowanie zmiany objętości klatki piersiowej za pomocą odstrojenia parametrów sygnału elektrycznego.

W ćwiczeniu zostanie wykorzystany układ przestrajanego generatora w układzie Colpittsa.

Wstęp

Oddychanie będące jedną z podstawowych czynności życiowych organizmu to złożony proces biologiczny polegający na dostarczaniu do komórek niezbędnych gazów służących do poprawnego funkcjonowania wszystkich narządów ciała człowieka. Na rynku pojawia się coraz więcej wszelkiego rodzaju urządzeń elektronicznych pozwalających na pomiar pulsu, temperatury czy ciśnienia zarówno podczas wzmożonej aktywności fizycznej jak i np. snu. Dodatkowo istnieją rozwiązania pozwalające na pomiar częstości oddechowej. Większość z nich bazuje na dwóch głównych metodach pomiarowych. Pierwsza z nich polega na pomiarze przepływu wydychanego powietrza, a druga na zmianach objętości klatki piersiowej pod wpływem pracy mięśni oddechowych.

Metoda bazująca na pomiarze przepływu wydychanego powietrza wymaga stosowania przepływomierzy umieszczanych w bezpośrednim sąsiedztwie jamy ustnej. Podczas wysiłku fizycznego utrudnia to swobodne oddychanie i poruszanie się. W związku z tym metoda pozwalająca na detekcję częstości oddechu poprzez pomiar zmian objętości klatki piersiowej wydaje się być zdecydowanie praktyczniejsza w realnych zastosowaniach. Istnieje szereg propozycji rozwiązań pozwalających na realizację takiego układu. Często wykorzystują one specjalne pasy zakładane w obwodach klatki piersiowej, i/lub podbrzusza, gdzie zmiana rozciągnięcia pasa, przekłada się na proporcjonalne odstrojenie ich spoczynkowych parametrów elektrycznych.

Układ elektroniczny czujnika oddechu składa się z generatora Colpittsa z dzieloną pojemnością zbudowanego z jednostopniowego wzmacniacza w konfiguracji WE, w którego obwód rezonansowy wchodzi dwa kondensatory (pojemność dzielona C4 i C5) oraz cewka o zmiennej indukcyjności. W rzeczywistości cewka stanowi szeregowo połączenie indukcyjności i pojemności. Wynika to z budowy czujnika i ułożenia uzwojeń, które wraz rozciągliwą tkaniną stanowią pewnego rodzaju kondensator. W układzie konieczne jest spełnienie niezależnie dwóch warunków: fazy i amplitudy. Musi zachodzić zgodność fazy na wyjściu i wejściu generatora przedstawionego na rysunku 3. Sygnał sprzężenia zwrotnego z kondensatora C2 jest odpowiedzialny za podtrzymanie drgań w układzie. Przesunięty o 180° trafia na bazę tranzystora gdzie zostaje wzmocniony. Przesunięcie fazowe we wzmacniaczu również jest równe 180° dlatego warunek fazy zostaje spełniony. Warunek amplitudy mówi, że całkowite wzmocnienie układu musi być większe niż tłumienie obwodu rezonansowego. Modyfikacja parametrów mechanicznych cewki, czyli odległości pomiędzy kolejnymi zwojami powoduje

zmianę jej reaktancji czego efektem jest zmiana częstotliwości sygnału sinusoidalnego na wyjściu generatora. Zasada działania tego układu bazuje na następującej zależności pomiędzy pojemnościami i indukcyjnością obwodu rezonansowego:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

, gdzie

$$C = \frac{C_4 C_5}{C_4 + C_5} \quad (2)$$

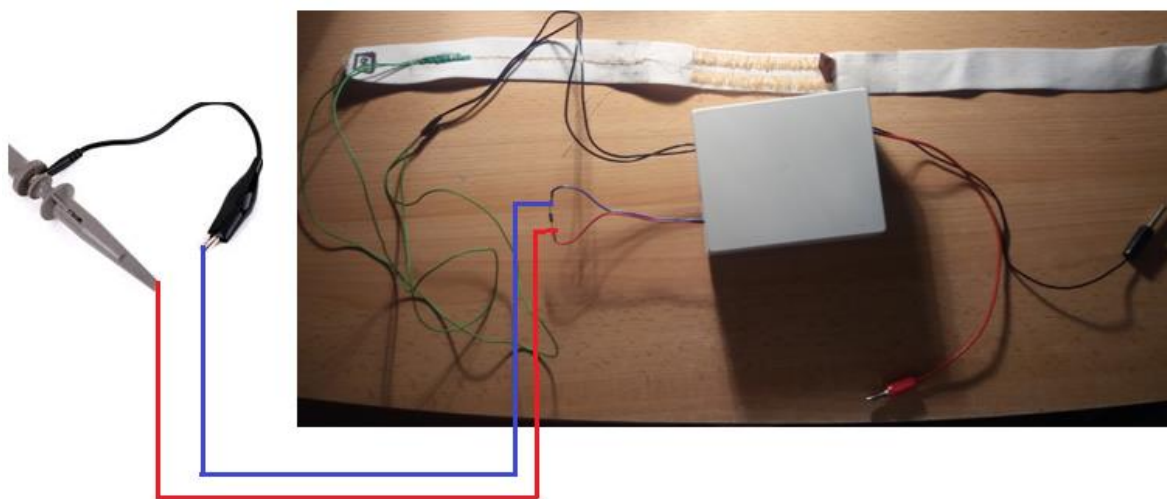
Gdy do układu zostanie podłączone napięcie następuje ładowanie kondensatorów C_4 i C_5 . Kiedy już zostaną w pełni naładowane następuje proces ich rozładowywania przez cewkę L . W momencie całkowitego rozładowania kondensatorów energia elektrostatyczna w nich zgromadzona jest przekazywana do cewki w postaci strumienia magnetycznego. Następnie energia zgromadzona w cewce pozwala na ponowne naładowanie kondensatorów. Przekazywana w ten sposób pomiędzy cewką, a kondensatorami energia jest źródłem oscylacji obserwowanych na wyjściu układu.

Drugi stopień przedstawionego wyżej układu odpowiada za wzmacnienie (tranzystor Q2). Jest to determinowane minimalną amplitudą sygnału jaki może być podany na wejście cyfrowe procesora w celu prawidłowego pomiaru częstotliwości. Dodatkowo rezystory na wyjściu (R_6, R_7) służą do przesunięcia jego poziomu, tak aby procesor precyzyjnie rozpoznawał stany niski i wysoki. Poddając sygnał wzmacnieniu w przedstawionym układzie zadbane o odpowiedni zapas jego amplitudy z tego względu że podczas rozciągania cewki czujnika bądź bezpośredniego ucisku na zwoje widoczne jest zjawisko niewielkiego tłumienia sygnału. Wynika to bezpośrednio z charakterystyki częstotliwościowej tego wzmacniacza.

Opis stanowiska laboratoryjnego

W skład stanowiska laboratoryjnego wchodzi:

1. Układ przestrajanego generatora dla czujnik oddechu
2. Zasilacz laboratoryjny
3. Oscyloskop
4. Zestaw cewek

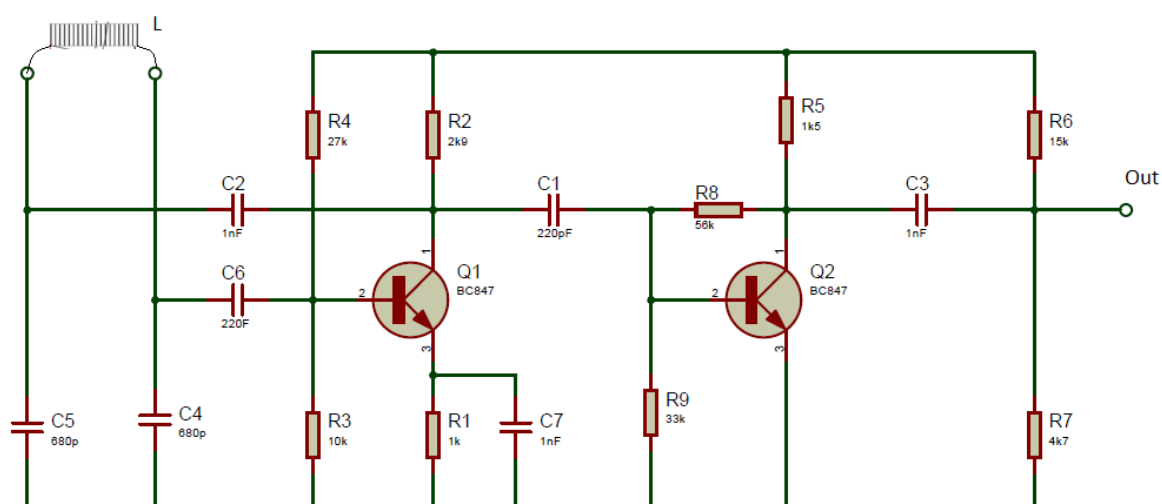


Rysunek 1 Zestaw do badania indukcyjnego czujnika oddechu



Rysunek 2 Widok panelu przedniego zestawu do badania indukcyjnego czujnika oddechu z diodą sygnalizującą załączenie zasilania

Zasada działania układu



Rysunek 3 Schemat układu przestrajanego generatora dla czujnika oddechu

Zakres prac

1. Pomiar wartości międzyszczytowej sygnału *Out*
2. Pomiar wartości składowej stałej sygnału *Out*
3. Pomiar charakterystyki odstrojenia częstotliwościowego układu czujnika w funkcji wydłużenia cewki *L*
4. Badanie wpływu zawilgocenia cewki czujnika na parametry sygnału *Out*

Przebieg ćwiczenia:

1. Ustawić na zasilaczu napięcie 9V
2. Włączyć zasilacz i za pomocą multimetru sprawdzić wartość napięcia.
3. Wyłączyć zasilacz i podłączyć układ czujnika: czerwony przewód + zasilania, czarny – zasilania
4. Włączyć zasilacz, zapalenie się czerwonej diody na obudowie świadczy o prawidłowym zasileniu układu.
5. Podłączyć sondę pomiarową do układu w sposób pokazany na rysunku 1 (masa przewód niebieski, sonda – czerwony) pomiar napięcia wyjściowego *Out* dokonywany jest na rezystorze R7 (Rysunek 3), który został wyprowadzony poza obudowę układu aby ułatwić podłączenie sondy.
6. Podłączyć pierwszą cewkę do układu (czarne podwójne wyprowadzenie zakończone dwoma pinami), obydwie piny można traktować równoważnie.
7. Włączyć oscyloskop i ustawić zakres na osi czasu tak aby obserwować sygnał rzędu 3-7 MHz i wartości międzyszczytowej 4V, lub skorzystać z funkcji auto-setup.
8. Wykonać zdjęcie oscylogramu.
9. Odczytać wartość międzyszczytową sygnału oraz składową stałą.
10. Odczytać częstotliwość badanego sygnału i zanotować ją jako częstotliwość spoczynkową
11. Zmieniać długość cewki czujnika (tylko w obszarze uzwojenia) i korzystając z linijki zanotować wartość częstotliwości dla 6-8 różnych długości. Należy uważać żeby nie uszkodzić czujnika, w przypadku napotkania oporu przy rozciąganiu należy przerwać badanie.
12. Zaobserwować czy i jak zmienia się wartość międzyszczytowa sygnału i zanotować wnioski.
13. Powtórzyć punkty 8-11 dla następnych dwóch cewek. Nie ma konieczności wyłączania zasilania układu i oscyloskopu wystarczy wypiąć cewkę i wpiąć nową.
14. Powtórzyć pomiar dla wilgotnych cewek, w tym celu zamoczyć delikatnie część czujnika w której znajdują się uzwojenie z drutu w wodzie.
15. Zapiąć czarną cewkę wokół klatki piersiowej i obserwować zmiany częstotliwości sygnału, zanotować zakres zmian częstotliwości

16. Rozłączyć układ pomiarowy, wyłączyć oscyloskop oraz zasilacz, zamoczone cewki czujnika pozostawić na biurku rozłożone aby umożliwić jak najszybsze wyschnięcie.
17. Wykorzystując sznurek i miarkę zmierzyć zmianę objętości klatki piersiowej uczestników ćwiczenia laboratoryjnego. Dala każdej osoby dopasować zakres częstotliwości sygnału jaki zostałby zarejestrowany dla konkretnej osoby.

Sprawozdanie:

Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego powinno zawierać:

1. Metody pomiaru częstości oddechowej – konkretne przykłady i rozwiązania.
2. Opis układu laboratoryjnego oraz zdjęcie z podłączonym zasilaczem, oscyloskopem i jednym z czujników
3. Opis przebiegu ćwiczenia laboratoryjnego.
4. Zdjęcie oscylogramu sygnału z czujnika
5. Wartości parametrów sygnału elektrycznego czujnika
6. Charakterystyki odstrojenia częstotliwościowego układu czujnika w funkcji wydłużenia oraz wnioski
7. Zakładając, że cewka ma charakter czysto indukcyjny na podstawie zmierzonej częstotliwości spoczynkowej oraz wartości pojemności z rysunku (3) wyznaczyć indukcyjność każdej z trzech cewek L.
8. Wnioski i obserwacje