

ZESPÓŁ SZKÓŁ ŁĄCZNOŚCI
Technik Elektronik
Pracownia konstrukcji i eksploatacji urządzeń analogowych
Instrukcja do ćwiczenia
<b>Temat: Badanie wzmacniacza selektywnego LC</b>

**1. Cel ćwiczenia.** Celem ćwiczenia jest zapoznanie się ze wzmacniaczem selektywnym – jego schematem, parametrami i zastosowaniem.

**2. Wprowadzenie.** Wzmacniacze selektywne służą wzmacnianiu sygnałów w ściśle określonym paśmie częstotliwości przy jednoczesnym dużym tłumieniu sygnałów poza pasmem.

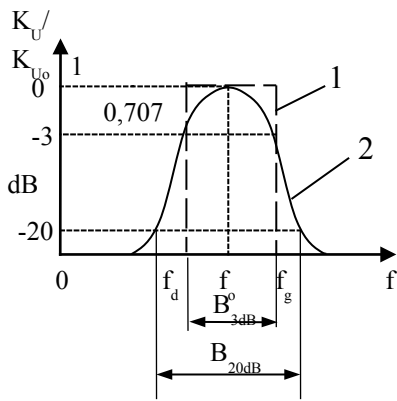
Głównym zastosowaniem wzmacniaczy selektywnych są urządzenia odbiorcze (radiowe, telewizyjne, radarowe), analogowe systemy telekomunikacyjne, modemy, filtracja sygnałów pomiarowych.

Głównymi elementami stosowanymi w różnego rodzaju wzmacniaczach selektywnych (sposób konstrukcji zależy od wzmocnienia i zakresu częstotliwości) są tranzystory bipolarne, MOSFET, wzmacniacze operacyjne, obwody LC, RC, linie długie, filtry piezoelektryczne i cyfrowe układy filtracji.

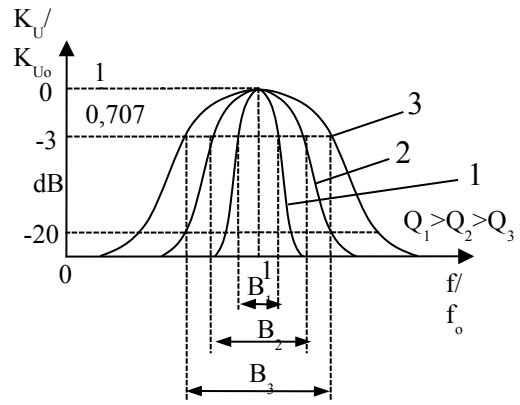
Głównymi parametrami wzmacniaczy selektywnych są:

- częstotliwość środkowa  $f_0$
- szerokość pasma przepustowego  $B_3$
- współczynniki prostokątności  $P_{3/20}$
- skuteczne wzmocnienie mocy
- impedancje – wejściowa i wyjściowa
- współczynnik szumów
- dynamika (stosunek maksymalnej mocy wyjściowej do mocy szumów własnych)
- stałość wzmocnienia
- zniekształcenia sygnału
- opóźnienie grupowe (dla wzmacniaczy sygnałów z modulacją lub sygnałów impulsowych)

Wzmacniacze selektywne dzielą się na wzmacniacze bezindukcyjne (inaczej filtry aktywne) oraz wzmacniacze wielkiej częstotliwości z obwodami LC lub filtrami piezoelektrycznymi. Granica między tymi dwoma rodzajami wzmacniaczy nie jest dokładnie określona. Przyjmuje się, że współczesne filtry aktywne są stosowane do częstotliwości 1 MHz, a wzmacniacze wielkiej częstotliwości od 150 kHz. Najprostszym wzmacniaczem selektywnym jest wzmacniacz z obwodem rezonansowym LC. Charakterystyka amplitudowa idealnego wzmacniacza selektywnego powinna mieć kształt prostokąta (rys. 1.). Jednak kształt charakterystyki rzeczywistego wzmacniacza jest różny od prostokąta i o selektywności układu decyduje nachylenie zboczny charakterystyki. Selektownością wzmacniacza jest nazywana zdolność do tłumienia sygnałów o częstotliwościach leżących poza pasmem przenoszenia, czyli sygnałów niepożądanych. W celu określenia selektywności wzmacniacza należy wyznaczyć przedział częstotliwości, w którym wzmocnienie wzmacniacza zmalało o 3dB w stosunku do wzmocnienia przy częstotliwości środkowej (w skali liniowej do wartości  $0,707K_{u0}$ ) czyli tzw. pasmo trzydecybelowe  $B_{3dB}$ .



Rys.1. Charakterystyka amplitudowa wzmacniacza selektywnego 1 - idealnego, 2 – rzeczywistego.



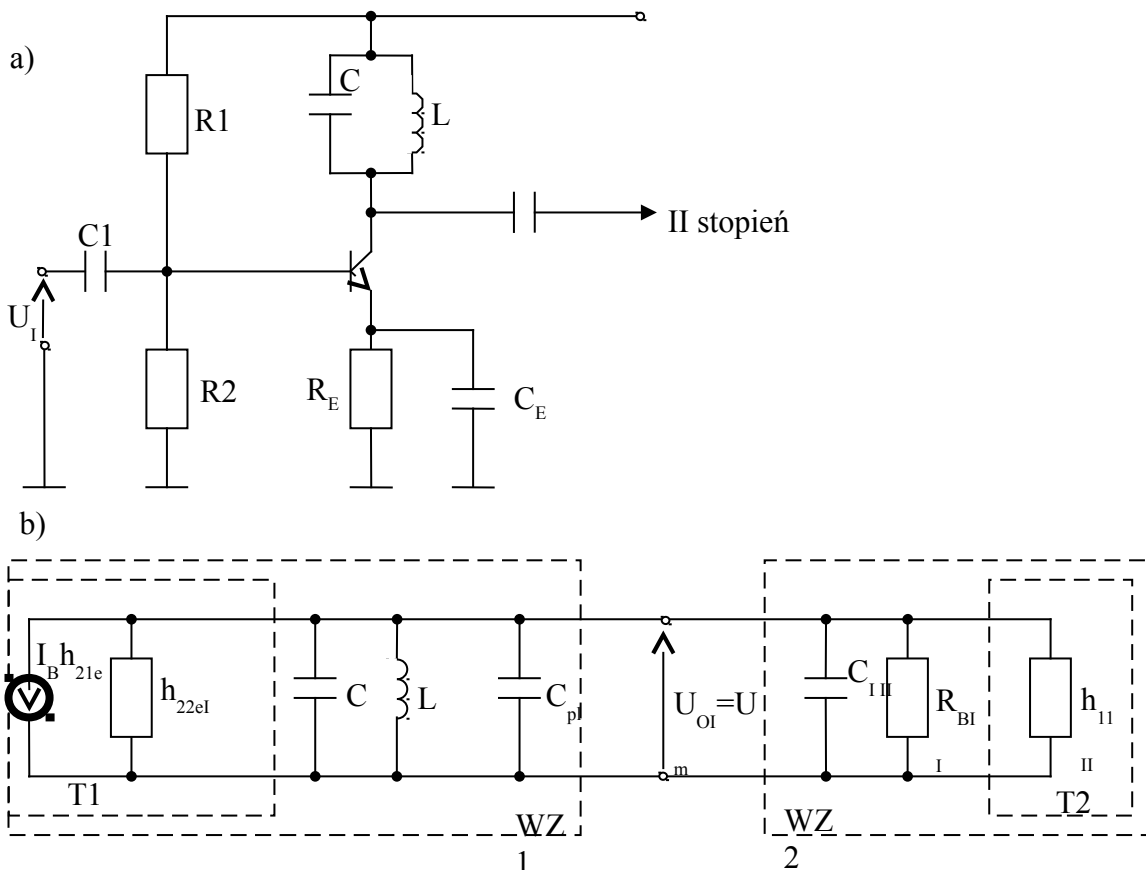
Rys. 2. Wpływ dobroci Q wzmacniacza selektywnego na kształt charakterystyki amplitudowej.

Miarą selektywności wzmacniacza jest współczynnik prostokątności  $p$  wyrażony wzorem:

$$p = \frac{B_{3dB}}{B_{20dB}} \leq 1$$

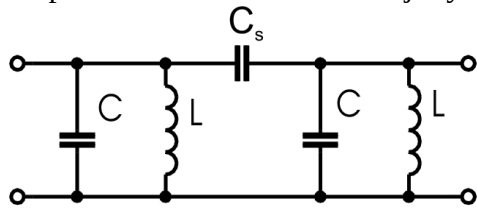
Im współczynnik  $p$  jest bliższy jedności, tym wzmacniacz jest bardziej selektywny. Pasmo przenoszenia wzmacniacza selektywnego zależy od dobroci  $Q$  układu i wynosi:

$$B_{3dB} = \frac{f_0}{Q}$$



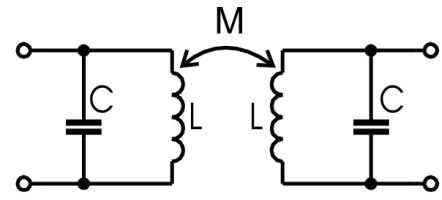
Rys. 3. Schemat a) ideowy prostego wzmacniacza selektywnego LC, b) schemat zastępczy.

Przy większej dobroci charakterystyka jest węższa – wzmacniacz ma większą selektywność. Wartość dobroci wzmacniacza (rys. 2)decyduje więc o kształcie jego charakterystyki częstotliwościowej. W celu uzyskania dużej selektywności i współczynnika prostokątności bliskiego jedności stosowane były wzmacniacze z obwodami sprzężonymi rys 4, wzmacniacze wielostopniowe z obwodami rozstrojonymi rys. 5.

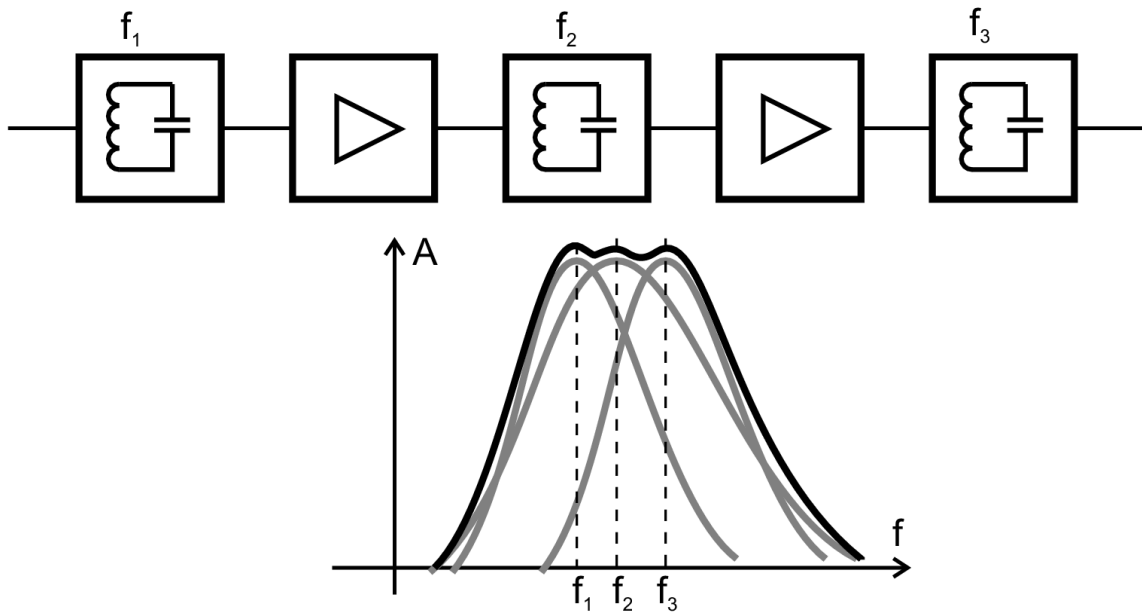


Sprzężenie pojemnościowe

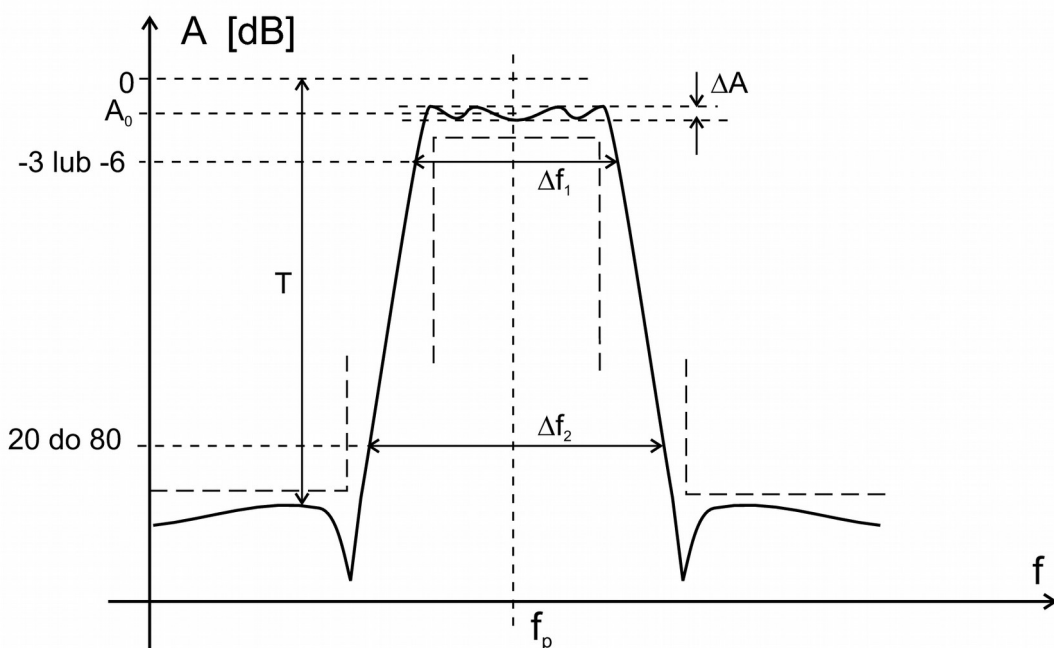
Rys. 4. Filtry z obwodami sprzężonymi.



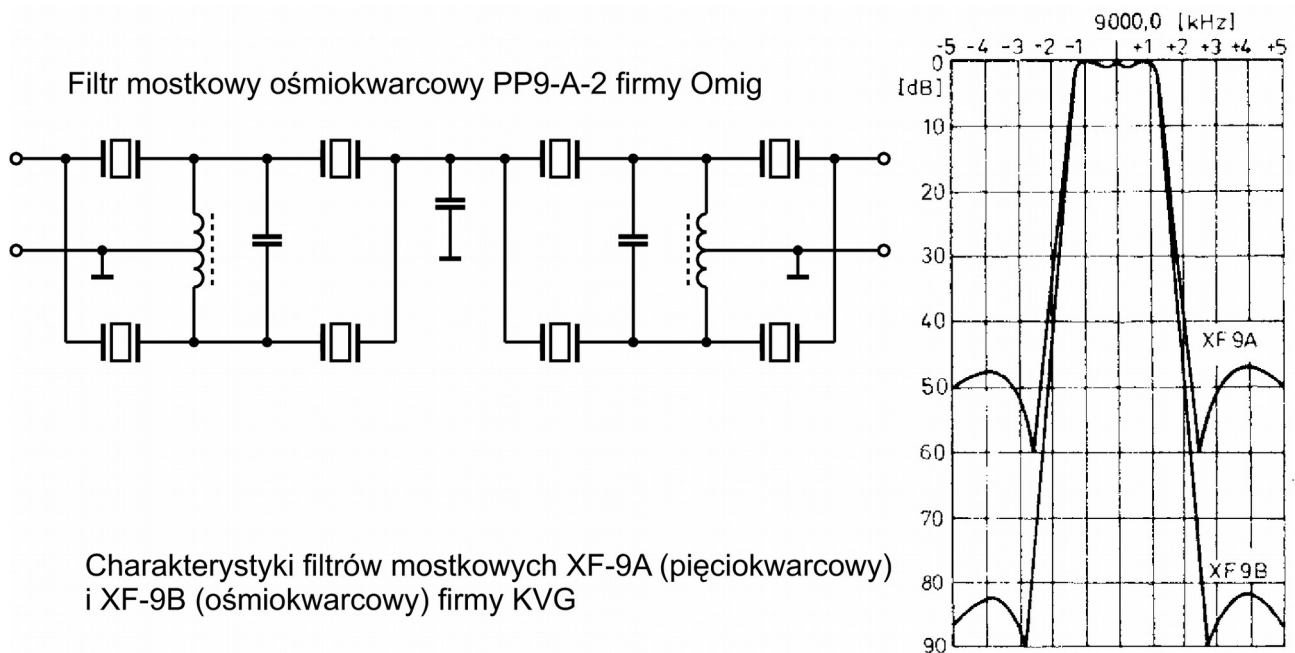
sprzężenie przez indukcyjność wzajemną (transformatorowe)



Rys. 5. Wzmacniacz rezonansowy z obwodami rozstrojonymi.

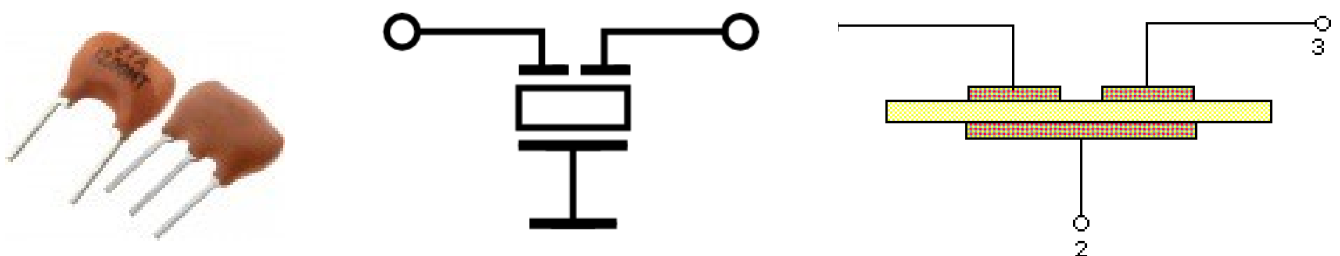


Rys. 6. Typowa charakterystyka filtru pośredniej częstotliwości.

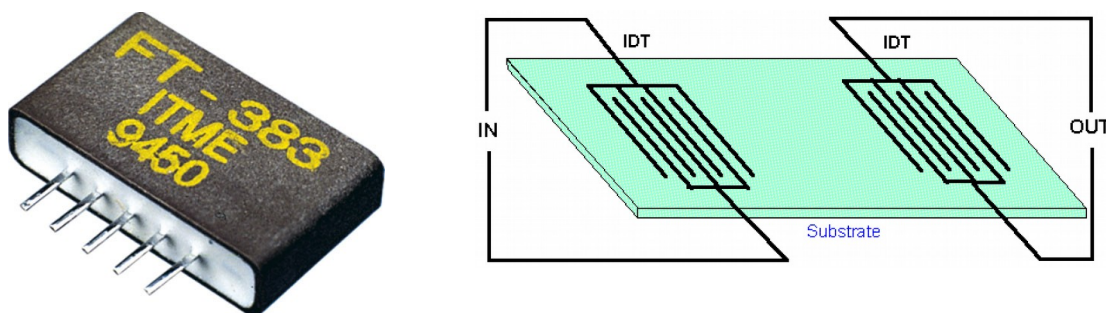


Rys. 7. Przykład filtru kwarcowego i jego charakterystyka.

Podstawową wadą filtrów LC jest ich duży koszt produkcji, kosztowne strojenie i ich rozstrajanie się – starzenie się. Tych wad nie mają obecnie najczęściej stosowane filtry piezoceramiczne, filtry kwarcowe, filtry z fałą powierzchniową. Filtry te można wyprodukować na ściśle określone parametry. Nie wymagają strojenia. Są wynikiem zastosowania nowoczesnych technologii.



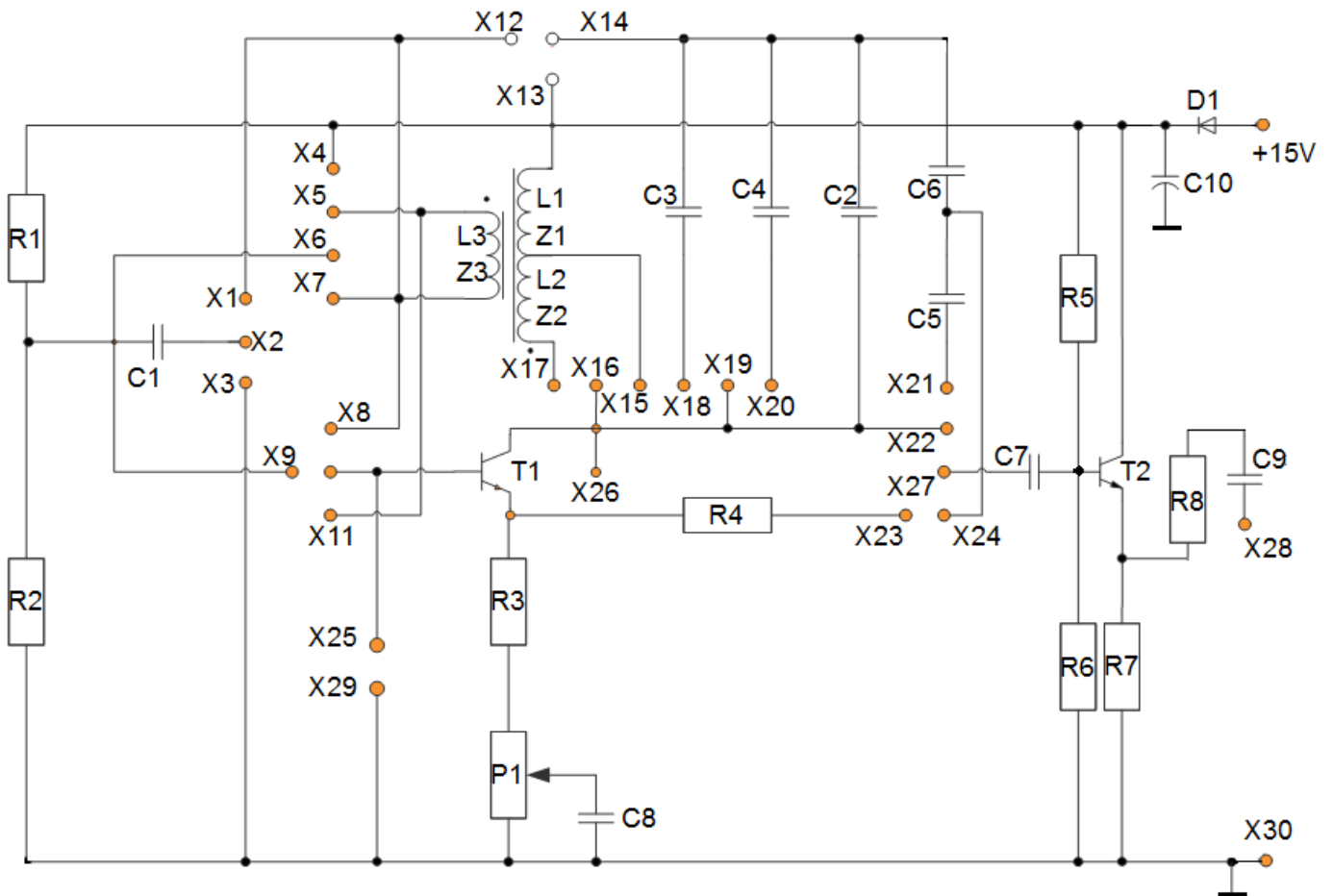
Rys. 8. Filtr piezoceramiczny, jego wygląd i symbol.



Rys. 9 Filtr z fałą powierzchniową, zdjęcie i konstrukcja. Podłoże: niobian litu  $\text{LiNbO}_3$ , tantalitan litu  $\text{LiTaO}_3$ , kwarc  $\text{SiO}_2$ .

Typowe zastosowanie filtru piezoceramicznego to wzmacniacze p. cz. fonii 465 kHz, 6,5 MHz, 10,7 MHz. Filtr z fałą powierzchniową stosowany jest we wzmacniaczach p.cz. wizji odbiorników TV.

Schemat ideowy modelu wzmacniacza selektywnego LC przedstawia rys. 10. Model zawiera również elementy generatorów LC- dotyczą one innego ćwiczenia.



Rys. 10. Schemat modelu do badania wzmacniacza selektywnego LC i generatorów LC.

Tranzystor T1 pracuje w układzie OE z obciążeniem w postaci obwodu rezonansowego LC – indukcyjności L1, L2, oraz pojemności C2, C3, C4. Potencjometr P1 umożliwia zmianę wzmocnienia wzmacniacza przez zmianę współczynnika sprzężenia zwrotnego, ponieważ kondensator C8 zwiera składową zmienną. Tranzystor T2 pracuje w układzie OC zapewniając separację dla wzmacniacza selektywnego LC od obciążenia pojemnościowego – kabel koncentryczny do oscyloskopu. Rezystory R1, R2 oraz R5 i R6 ustalają punkty pracy tranzystorów T1 i T2 w klasie A.

<b>Imię i nazwisko:</b> .....	Klasa: .....	Stanowisko: .....	Nr w dzienniku: .....	<b>KRYTERIA OCENIANIA</b>
Skład grupy: 1. .... 2. .... 3. ....				Do 49% - 1 50 – 60% - 2 61 – 75% - 3 76 – 85% - 4 86 – 95% - 5 > 95% - 6
<u>Temat ćwiczenia:</u>		Data:		
<b>Badanie wzmacniacza selektywnego LC</b>		.....		
Przygotowanie do ćwiczenia	Wykonanie ćwiczenia	Sprawozdanie z ćwiczenia		
Pkt ...../ 4	Pkt ...../ 4	Pkt ...../ 12		
Suma punktów: .....		Procent punktów: .....		
Ocena z przeprowadzonego ćwiczenia: .....		Podpis nauczyciela: .....		

Wyposażenie stanowiska do badania wzmacniacza selektywnego LC.

- model pomiarowy;
- zasilacz regulowany laboratoryjny;
- generator funkcyjny;
- oscyloskop dwukanałowy z sondą oscyloskopową;
- komplet przewodów.

Wartości istotnych elementów:

C1 = 0,1 uF	C4 = 680 pF	L1 = 150 uH
C2 = 150 pF	C5 = 270 pF	L1 + L2 = 600 uH
C3 = 270 pF	C6 = 43 pF	

Niezbędne wzory do obliczeń:

Częstotliwość rezonansowa obwodu LC:  $f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}}$

Dobroć obwodu selektywnego:  $Q = \frac{f_0}{B_{3dB}}$

Współczynnik prostokątności:  $p = \frac{B_{3dB}}{B_{20dB}}$  gdzie:

-  $B_{3dB} = f_{d3} - f_{g3}$  jest pasmem częstotliwości dla którego  $K_u \geq 0,707 K_{U0}$ . Częstotliwości  $f_{d3}$  i  $f_{g3}$  wyznacza się dla wzmocnienia  $K_u = 0,707 K_{U0}$  odpowiada to spadkowi wzmocnienia o 3dB.

-  $B_{20dB} = f_{d20} - f_{g20}$  jest pasmem częstotliwości dla którego  $K_u \geq 0,1 K_{U0}$ . Częstotliwości  $f_{d20}$  i  $f_{g20}$  wyznacza się dla wzmocnienia  $K_u = 0,1 K_{U0}$ , odpowiada to spadkowi wzmocnienia o 20dB.

Zadania do wykonania:

1. Narysuj schemat blokowy układu do badania charakterystyki wzmocnienia w funkcji częstotliwości  $K_u = f(f)$  dla  $U_{we} = \text{const}$  napięcia zasilania  $U_z = 15V$ . Pomiaru napięcia generatora  $U_{we}$  i napięcia  $U_{wy}$  dokonujemy przy pomocy oscyloskopu jako  $U_{pp}$ . Na schemacie tym opisz wejście, wyjście i zasilanie zgodnie ze schematem ideowym modelu pomiarowego i listy połączeń.

Lista połączeń:

Zasilacz - +15V i masa – X30;

Generator i oscyloskop poprzez przejściówkę gniazda BNC – gniazda bananowe 2mm;

Uwe - X2, Uwy – X28, masa X3 do przejściówki;

X9 – X10, X13 – X14, X16 – X17; X19 – X20; X15 - X27

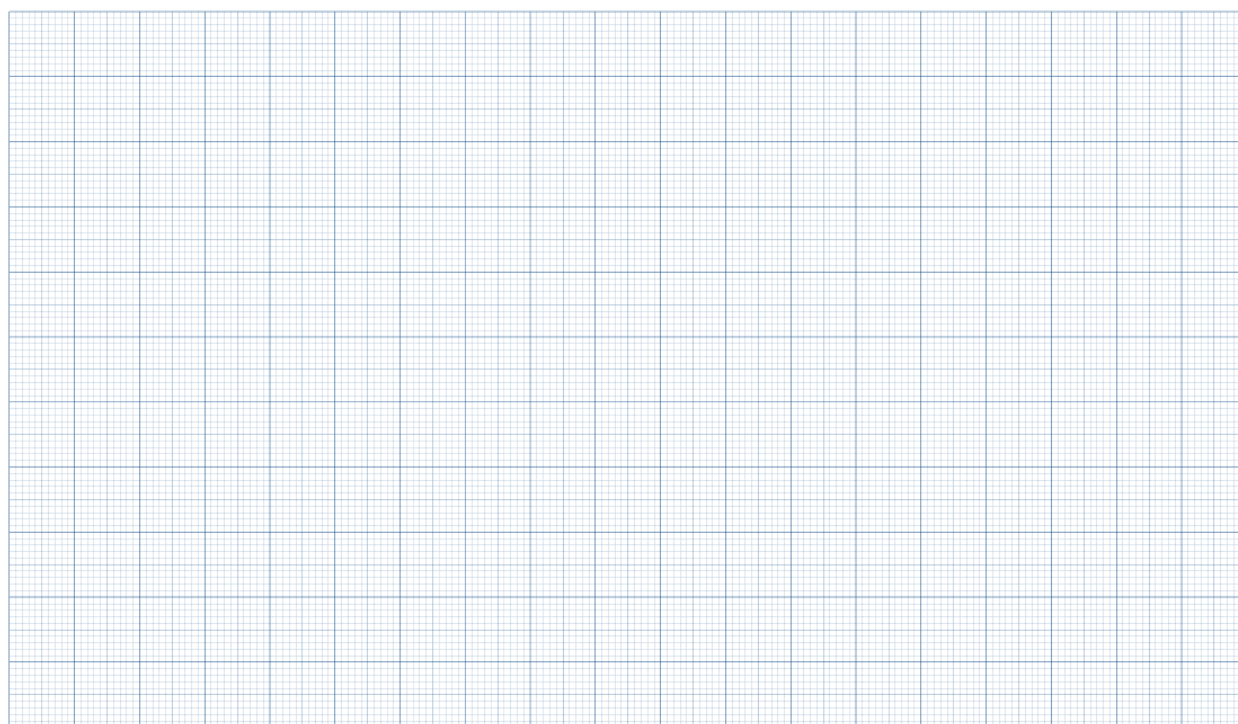
2. Dokonaj połączenia zasilacza, generatora i oscyloskopu do modelu pomiarowego z uwzględnieniem dodatkowych połączeń w obrębie modelu pomiarowego zgodnie z listą połączeń i sprawdzonego przez nauczyciela schematu pomiarowego. Pokręćło potencjometru skręcone maksymalnie w prawo.

3. Dokonaj pomiaru napięcia wyjściowego w funkcji częstotliwości  $U_{wy} = f(f)$  zgodnie z p. 2. Wyznacz częstotliwość rezonansową  $f_0$ , a następnie ustawiaj częstotliwości zgodnie z tabelą.

Tab. 1  $U_{wy} = f(f)$  dla  $U_{we} = \dots\dots\dots$  i napięcia zasilania  $U_z = 15V$ .

f	[kHz]	$f_0-18$	$f_0-12$	$f_0-8$	$f_0-5$	$f_0-3$	$f_0-2$	$f_0-1$	$f_0$	$f_0+1$	$f_0+2$	$f_0+3$	$f_0+5$	$f_0+8$	$f_0+13$	$f_0+20$
f	[kHz]															
$U_{wy}$	[mV]															
$K_u$	[V/V]															

Oblicz wartość wzmocnienia, narysuj wykres charakterystyki  $K_u = f(f)$ .



Na wykresie wyznacz  $f_d$  i  $f_g$  dla pasma 3dB, oraz  $f_d$  i  $f_g$  dla pasma 20 dB. Odczytaj wartości częstotliwości granicznych  $f_d$  i  $f_g$  i zapisz wyniki. Oblicz wartość  $B_3$  oraz  $B_{20}$ , a następnie  $Q$  i  $p$  oraz częstotliwość rezonansową  $f_0$  zgodnie ze wzorem. Obliczenia wykonaj stosując procedurę przykładowego obliczenia: wzór, podstawienie wartości, wynik obliczeń i jednostka.

$$f_{d3} = \dots\dots\dots \quad f_{g3} = \dots\dots\dots \quad f_{d20} = \dots\dots\dots \quad f_{g20} = \dots\dots\dots \quad f_0 = \dots\dots\dots$$

4. Dokonaj pomiaru częstotliwości rezonansowej dla różnych wartości pojemności C i indukcyjności L. Odczytaj wartości C i L ze schematu zgodnie z połączeniem i zapisz w tabeli 2 w odpowiednie miejsce. Dla pojemności C5 i C6 wykonaj odpowiednie obliczenie pojemności zastępczej. Zmianie ulegają połączenia zapisane w tabeli. Ustaw częstotliwość generatora na zakres od 100kHz do 1MHz, a następnie reguluj tak aby uzyskać maksymalne wskazanie napięcia na wyjściu wzmacniacza. Odczytaj częstotliwość z generatora i zapisz wyniki w pozycji  $f_0$  zm. tabeli 2 W pozycji  $f_0$  obl. dokonaj obliczenia ze wzoru i podłączonych wartości L i C.

Tab. 2  $U_{we} = \dots$ ,  $U_z = 15V$ .

Połączenie		X16 – X17 X19 - X20	X16 – X17 X18 - X19	X16 – X17 X21 - X22	X16 – X17 -- - --	X15 – X16 X19 - X20	X15 – X16 X18 - X19	X15 – X16 X21 - X22	X15 – X16 -- - --
Pojemność . C	pF								
Indukcyjność L	uH								
$f_0$ zm.	kHz								
$f_0$ obl.	kHz								
$f_0$ zm.A	kHz	-----				-----			
$f_0$ zm.B	kHz	-----				-----			

5. Oszacowanie wpływu pojemności połączeń na częstotliwość rezonansową. Rozewrzyj połączenie X15 – X27 a do wyjścia X26 podłącz wejście Y2 oscyloskopu . Wykonaj ponownie pomiary częstotliwości rezonansowej  $f_0$  dla pozycji 4 i 8 i zanotuj w tabeli 2 jako  $f_0$  zm.A. Ponownie powtórz ostatni pomiar stosując sondę oscyloskopową ustawioną na zakres 1:10 i zanotuj wyniki jako  $f_0$  zm.B.

Wnioski: