

Badanie modulatorów i demodulatorów AM i FM

Cel ćwiczenia:

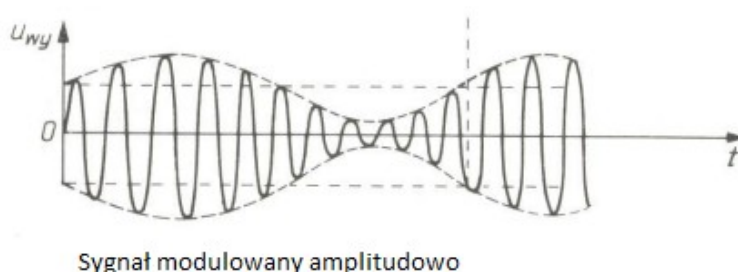
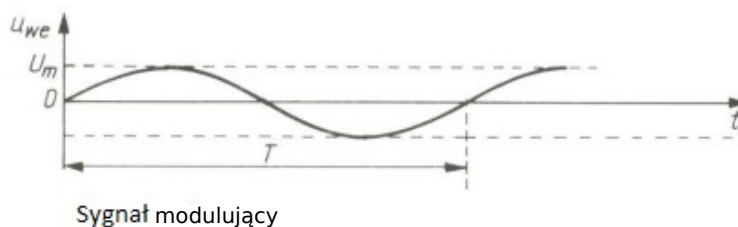
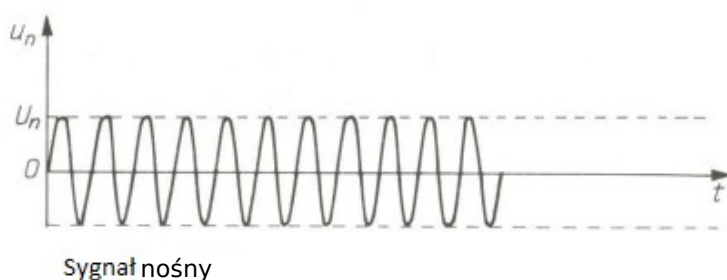
Przyswojenie pojęć takich jak: modulacja, demodulacja, współczynnik głębokości modulacji, sygnał modulujący, sygnał nośny, sygnał zmodulowany.

Zapoznanie się z zasadą działania modulatora i demodulatora częstotliwości (FM) oraz amplitudy (AM)

Wiadomości wstępne:

Modulacja AM

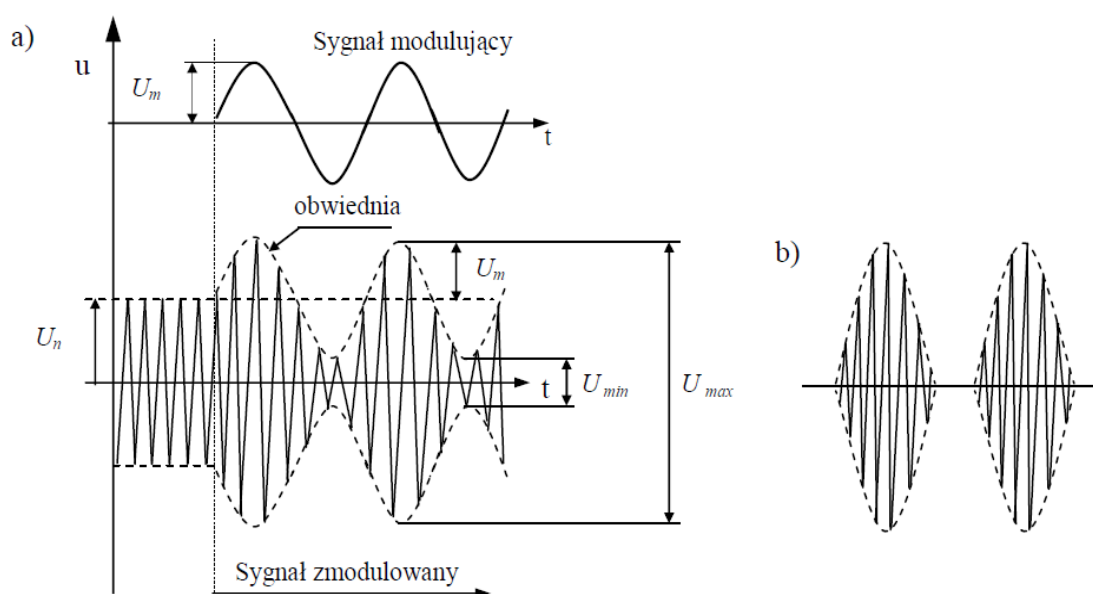
Modulacja jest procesem mającym na celu nałożenie sygnału informacyjnego o małej częstotliwości na sygnał nośny wysokiej częstotliwości. Modulacja amplitudy (AM) jest procesem, w którym zmiany amplitudy sygnału o małej częstotliwości (najczęściej sygnału akustycznego) powodują odpowiednie zmiany amplitudy sygnału nośnego wysokiej częstotliwości.



Współczynnik głębokości modulacji m jest miarą stopnia zmodulowania fali nośnej w modulacji AM. Wskazuje w jakim stopniu została zmieniona amplituda fali nośnej w

stosunku do swojej wartości znamionowej U_n . Im większa amplituda sygnału modulującego, tym większy jest zakres zmian wartości międzyszczytowej obwiedni fali AM, czyli głębokość modulacji. Współczynnik głębokości modulacji przyjmuje wartości z przedziału $\langle 0; 1 \rangle$ albo procentowo od 0% do 100%, przy czym: $m = 0$ oznacza brak modulacji, 1 to pełna modulacja (100%). Gdy m jest bardzo małe, np. mniejsze niż 0,1, to małe zmiany amplitudy obwiedni spowodowane np. szumem mogą stać się znaczące. Gdy natomiast $m = 1$, to maksymalna wartość chwilowa amplitudy osiąga wartość $2U_n$, a minimalna wartość chwilowa maleje do zera. Przy dalszym zwiększaniu sygnału modulującego fala zmodulowana ulega zniekształceniu (rys. b) i po zdemodulowaniu nie uzyskamy właściwego sygnału informacyjnego.

W praktyce należy dążyć do uzyskania sensownej głębokości modulacji. Typowa głębokość modulacji powinna wynosić od 0,2 do 0,8 (czyli 20 – 80%), a w systemach audio od 0,3 do 0,5 (czyli 30 – 50%).



a) fala nośna wielkiej częstotliwości zmodulowana sygnałem sinusoidalnym ($m < 1$)

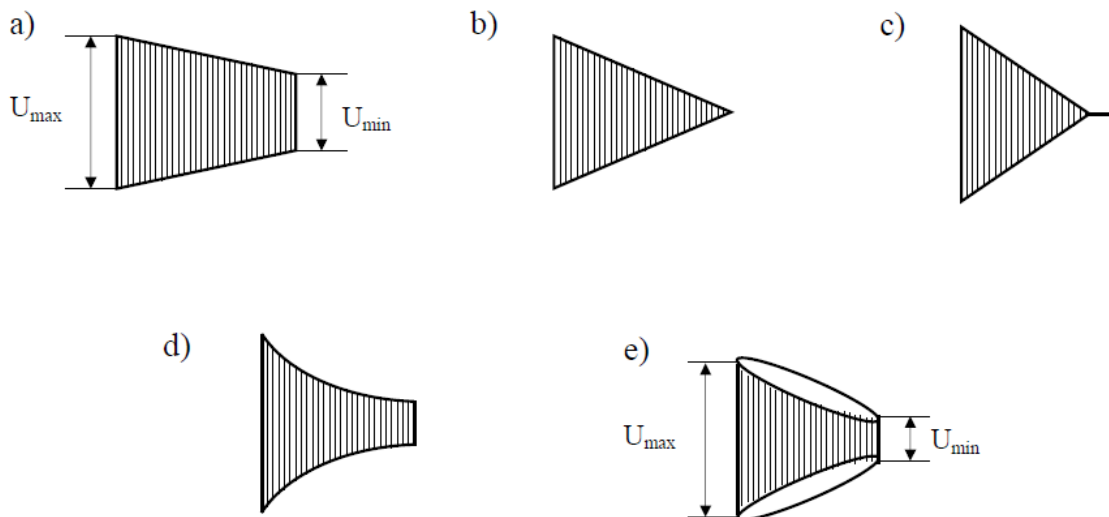
b) sygnał przemodulowany ($m > 1$)

Współczynnik głębokości modulacji m określamy z zależności:

$$m = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}} \cdot 100\%$$

gdzie : U_{\max} , U_{\min} - wartości międzyszczytowe.

Po doprowadzeniu do płytek odchyłania pionowego napięcia zmodulowanego, zaś do płytek odchyłania poziomego (kanał X) napięcia modulującego (m.cz.), to na ekranie lampy otrzymamy obraz o kształcie trapezu, którego wymiary będą zależne od stosunku amplitud sygnału modulującego i nośnego. Jeśli między sygnałem modulującym a obwiednią w.cz. występuje przesunięcie fazowe lub sygnały są zniekształcone nieliniowo, to jest to widoczne na obrazie trapezowym:



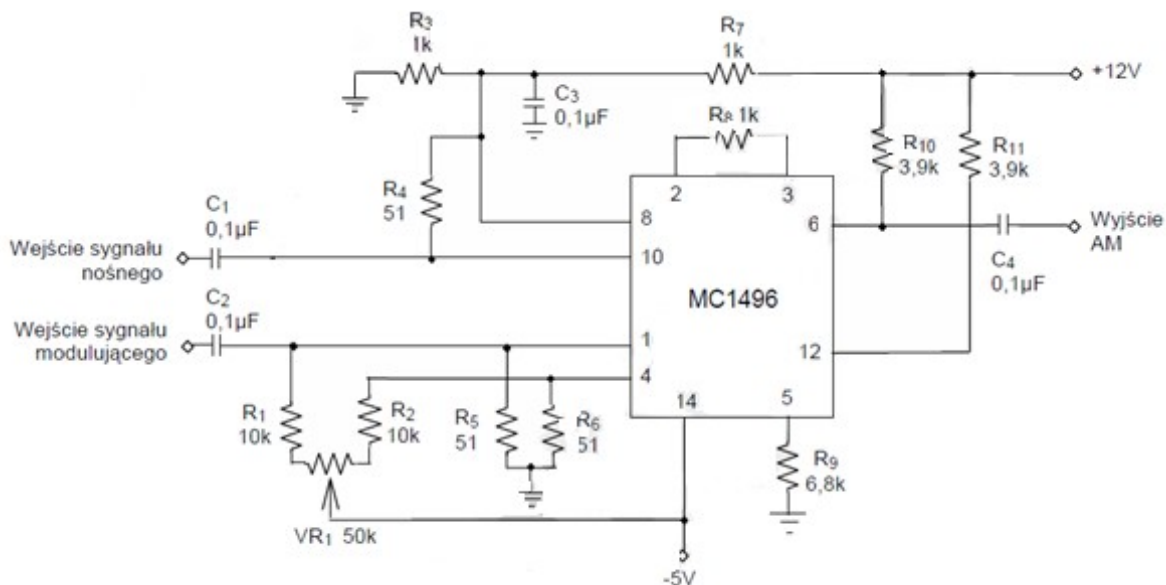
Oscylogramy obrazu trapezowego przy modulacji amplitudy:

a) $m < 1$, b) $m = 1$, c) $m > 1$; d) obraz przy zniekształceniach nieliniowych w modulatorze, e) obraz przy przesunięciu fazowym między sygnałem modulującym a obwiednią w.c.z.

W ćwiczeniu wykorzystamy modulator AM oparty na monolitycznym układzie zrównoważonego modulatora MC1496. W zależności od częstotliwości wejściowych MC1496 może być używany jako powielacz częstotliwości, modulator AM lub modulator dwuwstęgowy z tłumioną falą nośną.

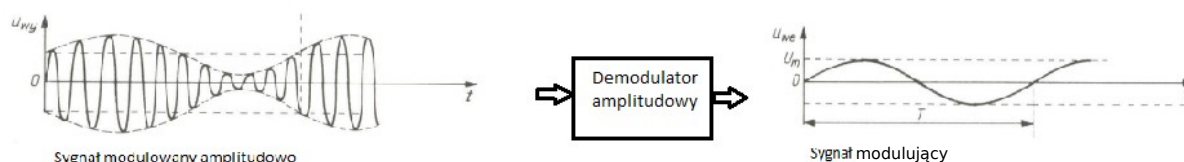
Modulator amplitudy z układem MC1496

Na rysunku poniżej pokazano obwód modulatora AM, gdzie sygnał nośny i modulujący są sygnałami niesymetrycznymi, podłączanymi do końcówek 10 i 1. Wzmocnienie układu jest ustalone rezystorem R_8 . Rezystor R_9 z kolei określa prąd polaryzacji układu. Potencjometrem VR1 lub zmiana amplitudy sygnału modulującego można zmieniać procentową wartość głębokości modulacji.



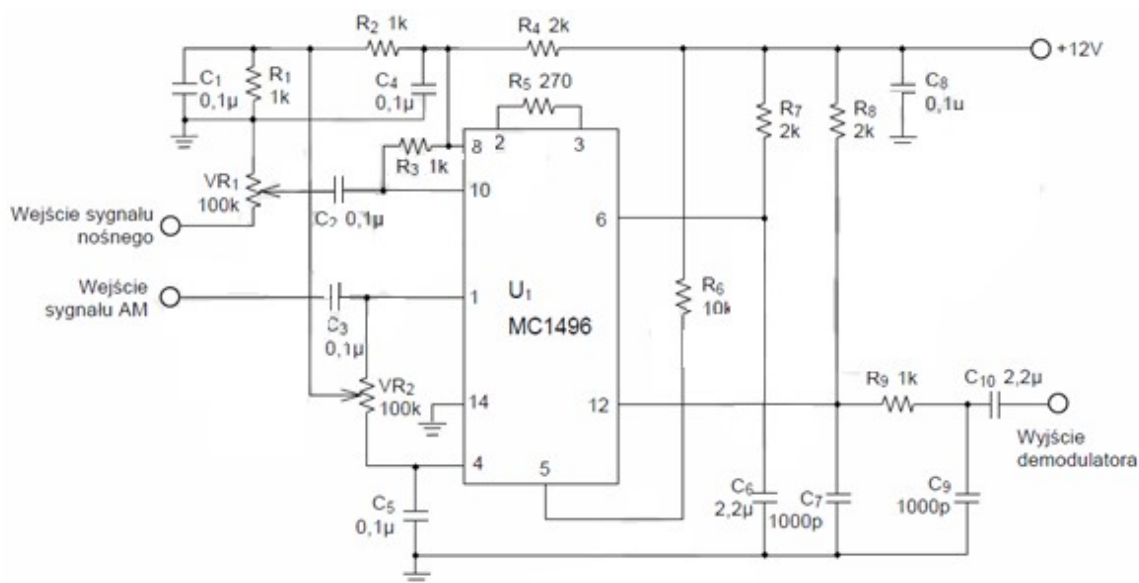
Demodulator AM

Demodulacja jest procesem odwrotnym do procesu modulacji. Sygnał z modulacją AM jest sygnałem transmisyjnym, w którym amplituda sygnału nośnego dużej częstotliwości zmienia się zgodnie ze zmianami amplitudy sygnału akustycznego małej częstotliwości. Aby odtworzyć w odbiorniku przesłany sygnał m.cz., należy go wydzielić z sygnału AM. Proces wydzielania sygnału modulującego ze zmodulowanego sygnału w.cz. nazywany jest demodulacją lub detekcją. Ogólnie, detektory amplitudy można podzielić na dwa rodzaje: detektory synchroniczne i asynchroniczne.



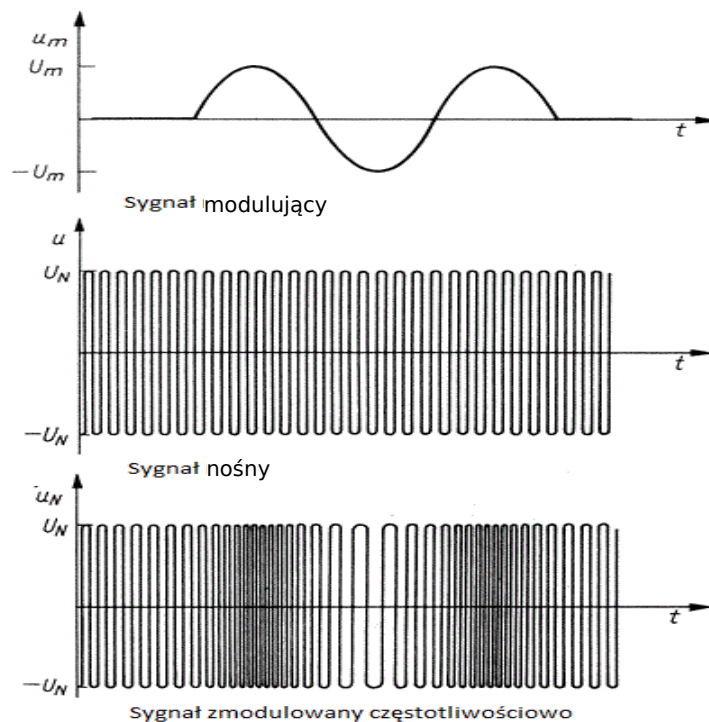
Detektor diodowy jest detektorem asynchronicznym, charakteryzującym się prostą konstrukcją, ale niską jakością odtworzonego sygnału. Detektor iloczynowy jest detektorem synchronicznym o doskonałej jakości, ale o bardziej skomplikowanej konstrukcji, w którym dla uzyskania demodulacji sygnału AM, należy na wejście układu doprowadzić sygnał o częstotliwości nośnej, dokładnie synchroniczny z demodulowanym sygnałem.

Demodulator z układem MC1496



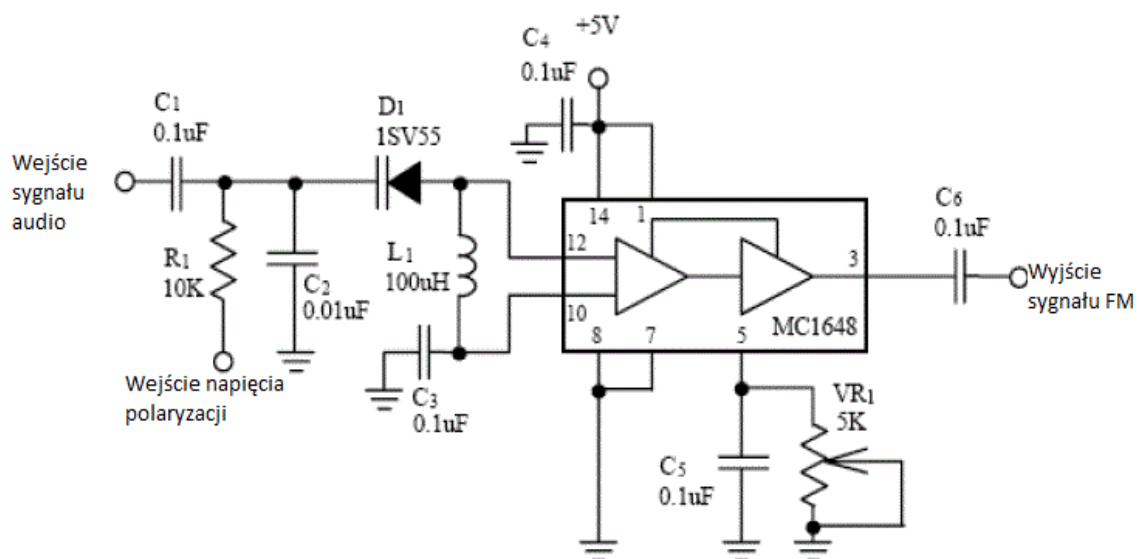
Modulator FM

Modulacja częstotliwości (FM) jest procesem, w którym częstotliwość sygnału nośnego zmienia się odpowiednio do zmian amplitudy sygnału modulującego (tj. sygnału niosącego informacje), stosuje się ją do przesyłania sygnału radiowego radia publicznego w zakresie fal ultrakrótkich, stąd zakres ten w mowie potocznej często określa się jako „FM”. Modulację częstotliwości stosuje się też w transmisji sygnału w telewizji satelitarnej, dźwiękowego w wielu systemach telewizji naziemnej oraz informacji o kolorze (chrominancji) w systemie telewizji kolorowej SECAM.



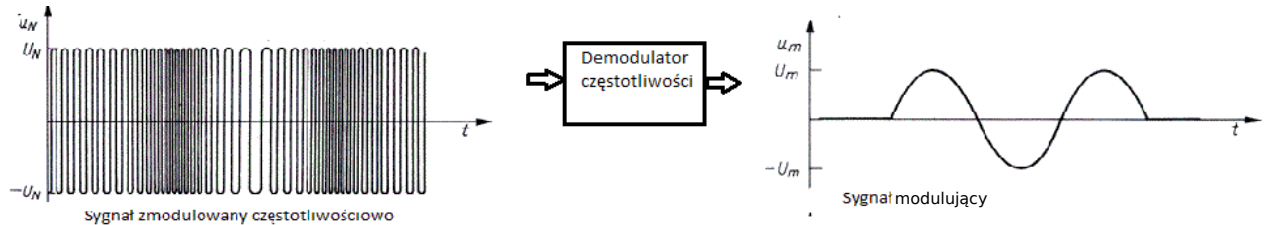
Modulator FM z układem MC1648

Wykorzystywany jest modulator częstotliwości oparty na układzie oscylatora przestrajanego napięciem (VCO) typu MC1648, którego schemat pokazano na rysunku poniżej. Zasadniczo, przedstawiony układ jest oscylatorem, którego częstotliwość oscylacji ustalana jest obwodem strojenia na wejściu układu. W obwodzie tym kondensatory blokujące C2 i C2 pełnią rolę filtrów zakłóceń. Przy dużych częstotliwościach (przykładowo 2,4MHz), reaktancja pojemnościowa tych dwóch kondensatorów jest bardzo mała i w praktycznych zastosowaniach może być pominięta. Z powyższego powodu zmiennoprądowy układ zastępczy obwodu strojenia, przedstawiony na rysunku poniżej, jest zwykłym równoległym obwodem rezonansowym LC.



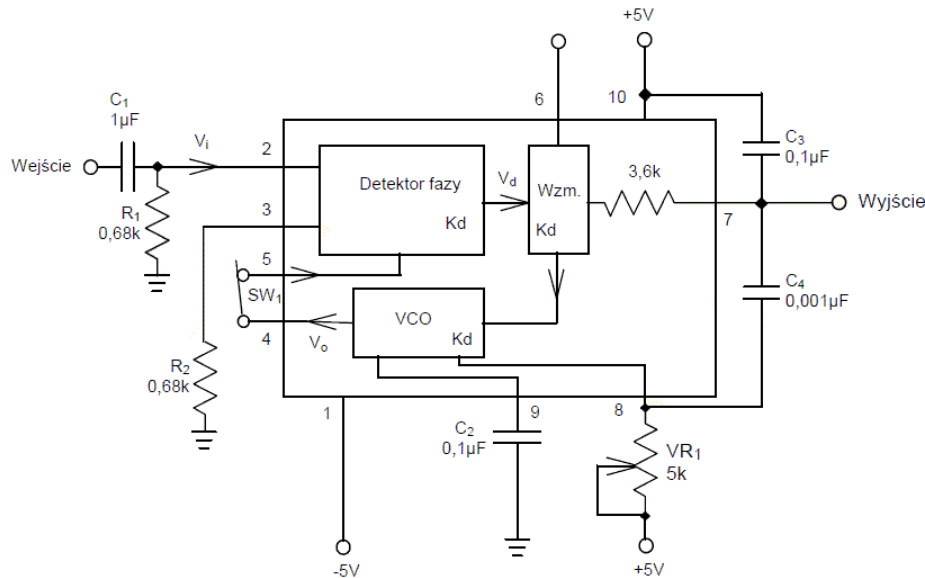
Demodulacja FM

Demodulator częstotliwości jest układem, w którym następuje konwersja sygnału z ciągłą zmianą częstotliwości na sygnał z liniową zmianą napięcia. W systemach telekomunikacyjnych spotykanych jest wiele rodzajów demodulatorów FM, jak demodulatory z dyskriminacją częstotliwości, demodulatory zrównoważone, dyskriminatory z przesunięciem fazy czy demodulatory z pętlą sprzężenia fazowego (PLL).



Demodulator z układem LM565

Układ scalony LM565 jest układem z pętlą synchronizacji fazy (PLL) ogólnego przeznaczenia, szeroko wykorzystywanym w obwodach demodulacji częstotliwości.



Zadania do wykonania:

Wymagane wyposażenie:

Moduł KL-96001 – układ zasilający

Moduł KL-93002 – modulator, demodulator AM

Moduł KL-93004 – modulator, demodulator FM

Multimetr cyfrowy

Oscyloskop cyfrowy

Komputer z oprogramowaniem Rigol

- Badanie modulatora AM
 - W module KL-93002 zlokalizować obwód modulatora AM. Wpiąć zworki do punktów J1 i J3, aby włączyć do obwodu rezystory $R8 = 1k\Omega$ i $R9 = 6.8k\Omega$.
 - Do wejścia modulującego (I/P2) podłączyć sygnał sinusoidalny 1kHz o amplitudzie 125mV, a do wejścia sygnału nośnego (I/P1) sygnał sinusoidalny 100kHz o amplitudzie 150mV (wartości podawanych napięć mierzyć multimetrem cyfrowym).
 - Do wyjścia układu AM (O/P) podłączyć oscyloskop. Obserwując przebiegi na ekranie oscyloskopu, regulować potencjometrem VR1 do uzyskania głębokości modulacji ok. 50%. Zdjąć oscylogram i umieścić w sprawozdaniu.
 - Korzystając z podanego w części teoretycznej wzoru, obliczyć głębokość procentową modulacji.
 - Przestroić oscyloskop na obserwację okna Hamminga (w menu wybrać "Math", a w oknie "Window" ustawić "Hamming") w celu uzyskania na ekranie o oscyloskopu widma sygnału wyjściowego. Zdjąć oscylogram i dołączyć do sprawozdania.
 - Powyższe punkty należy powtórzyć dla głębokości modulacji ok. 33% oraz ok. 100%, które należy regulować potencjometrem VR1.
- Badanie demodulatora AM
 - Źródłem sygnału zmodulowanego będzie wyjście modulatora AM z poprzedniego ćwiczenia. Na wejście modulujące należy podać sygnał sinusoidalny 1kHz o amplitudzie 150mV, a na wejście modulowane sygnał sinusoidalny 100kHz o amplitudzie 250mV.
 - Potencjometrem VR1 powyższego układu ustawić maksymalną amplitudę sygnału wyjściowego. (wartości wejściowe i wyjściowe mierzyć multimetrem cyfrowym).
 - Zlokalizować demodulator AM diodowy i podać na jego wejście (I/P) sygnał zmodulowany z wyjścia modulatora.
 - Ustawić stałoprądowe sprzężenie wejścia oscyloskopu (DC) i podłączyć go do wejścia oraz wyjścia demodulatora. Zdjąć oba oscylogramy i umieścić w sprawozdaniu.
- Badanie modulatora FM
 - Charakterystyka $f_{out} = f(U_p)$
 - W module KL-93004 zlokalizować układ modulatora FM z układem MC1648. Wpiąć zworkę w punkcie J2, aby włączyć w obwód cewkę L1 (100μH).
 - Do wejścia I/P2 podłączyć stałe napięcie polaryzacji 20V.
 - Do wyjścia układu podłączyć oscyloskop i obserwować przebiegi na ekranie.
 - Potencjometrem VR1 regulować do uzyskania przebiegu sinusoidalnego.
 - Częstotliwość sygnału wpisać do tabeli:

Up [V]	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
f _{out} [MHz]																		

- Wykonać wcześniejsze czynności dla napięć polaryzacji podanych w tabelce.
- Na podstawie otrzymanych wyników wykreślić krzywą zależności częstotliwości wyjściowej od napięcia polaryzacji.
- oscylogramy
 - W układzie modulatora FM z modułem LM566 wpiąć zworkę w punktach J1 i J3, aby włączyć w obwód kondensator C4 (0.01μF). Układ zasilany jest napięciem stałym 5V. Regulować potencjometrem VR1 do uzyskania na wyjściu sygnału o częstotliwości równej 20kHz (częstotliwość drgań własnych modulatora). (Wartości mierzyć multimetrem cyfrowym)
 - Na wejście modulujące (I/P) podać sygnał sinusoidalny o amplitudzie 250mV i częstotliwości 1kHz.
 - Podłączyć oscyloskop na wyjście układu (O/P). Zdjąć oscylogram i dołączyć do sprawozdania.
 - Zdjąć oscylogramy dla wyjścia układu zmieniając amplitudę sygnału modulującego kolejno na 500mV, 1V, 2V i dołączyć je do sprawozdania.
 - Na wejście modulujące (I/P) podać sygnał sinusoidalny o amplitudzie 1V.
 - Zdjąć i dołączyć do sprawozdania oscylogramy dla częstotliwości modulujących 10kHz i 40kHz, nie zmieniając amplitudy.
- Badanie demodulatora FM
 - Źródłem sygnału zmodulowanego będzie wyjście modulatora FM z poprzedniego ćwiczenia. W układzie modulatora FM wpiąć zworkę w punktach J1 i J3, aby włączyć w obwód kondensator C4 (0.01μF). Układ zasilany jest napięciem stałym 5V. Regulować potencjometrem VR1 do uzyskania na wyjściu sygnału o częstotliwości równej 20kHz (częstotliwość drgań własnych modulatora). (Wartości mierzyć multimetrem cyfrowym)
 - Zlokalizować obwód demodulatora FM z układem LM565. Wpiąć w punkt J3 zworkę, aby włączyć w obwód kondensator C5 (0.01μF). Potencjometrem VR1 ustawić częstotliwość drgań własnych na wyjściu VCO (końcówka 4) na 20kHz.
 - Podać sygnał zmodulowany z wyjścia modulatora FM na wejście demodulatora FM i wpiąć zworkę w punkt J1.
 - Podłączyć oscyloskop na wejściu oraz na wyjściu układu demodulatora FM.
 - Na wejście modulujące modulatora podać sygnał sinusoidalny o amplitudzie 300mV i częstotliwości 1kHz.
 - Zaobserwować przebiegi na oscyloskopie. Zdjąć oscylogramy i dodać do sprawozdania.
 - Powtórzyć dwa poprzednie punkty zmieniając częstotliwość na wejściu modulującym modulatora na 5kHz, nie zmieniając amplitudy.

Sprawozdanie powinno zawierać:

- Oscylogramy przebiegów czasowych modulatora AM oraz oscylogramy widma częstotliwościowego dla trzech głębokości modulacji.
- Obliczenia głębokości modulacji na podstawie oscylogramów.
- Oscylogram przebiegu czasowego demodulatora AM.
- Charakterystykę $f_{out} = f(U_p)$.

- Cztery oscylogramy przebiegów czasowych modulatora FM dla różnej amplitudy sygnału modulującego.
- Dwa oscylogramy przebiegów czasowych modulatora FM dla różnej częstotliwości sygnału modulującego.
- Dwa oscylogramy przebiegów czasowych demodulatora FM dla różnej częstotliwości sygnału modulującego.
- Wnioski:
 - wpływ wielkości współczynnika modulacji na przebieg sygnału zmodulowanego w modulatorze AM
 - analiza wyników na podstawie charakterystyki $f_{out} = f(U_p)$
 - wpływ amplitudy fali modulującej na przebieg sygnału zmodulowanego w modulatorze FM
 - wpływ częstotliwości sygnału modulującego na przebieg sygnału zmodulowanego w modulatorze FM
 - wpływ częstotliwości sygnału modulującego na przebieg sygnału zdemodulowanego w demodulatorze FM