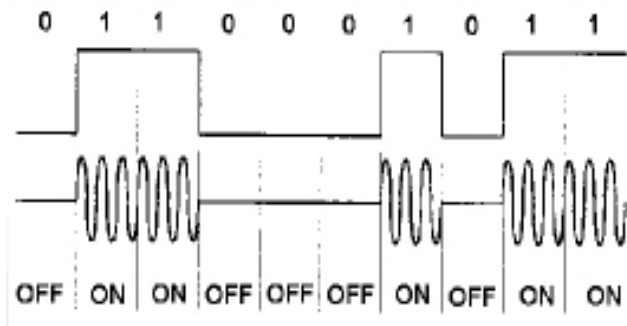

Modulacja i demodulacja cyfrowa ASK, FSK i PSK/QPSK

I. Cele ćwiczenia:

- 1) Poznanie podstawowych zasad modulacji ASK, FSK oraz PSK/QPSK.
- 2) Poznanie podstawowych zasad demodulacji ASK, FSK oraz PSK/QPSK.
- 3) Zapoznanie z zasadą generowania przebiegów w modulatorach ASK, FSK oraz PSK/QPSK.
- 4) Zapoznanie z zasadą demodulowania sygnałów uzyskanych w wyniku modulacji ASK, FSK oraz PSK/QPSK.

II. Zagadnienia teoretyczne.

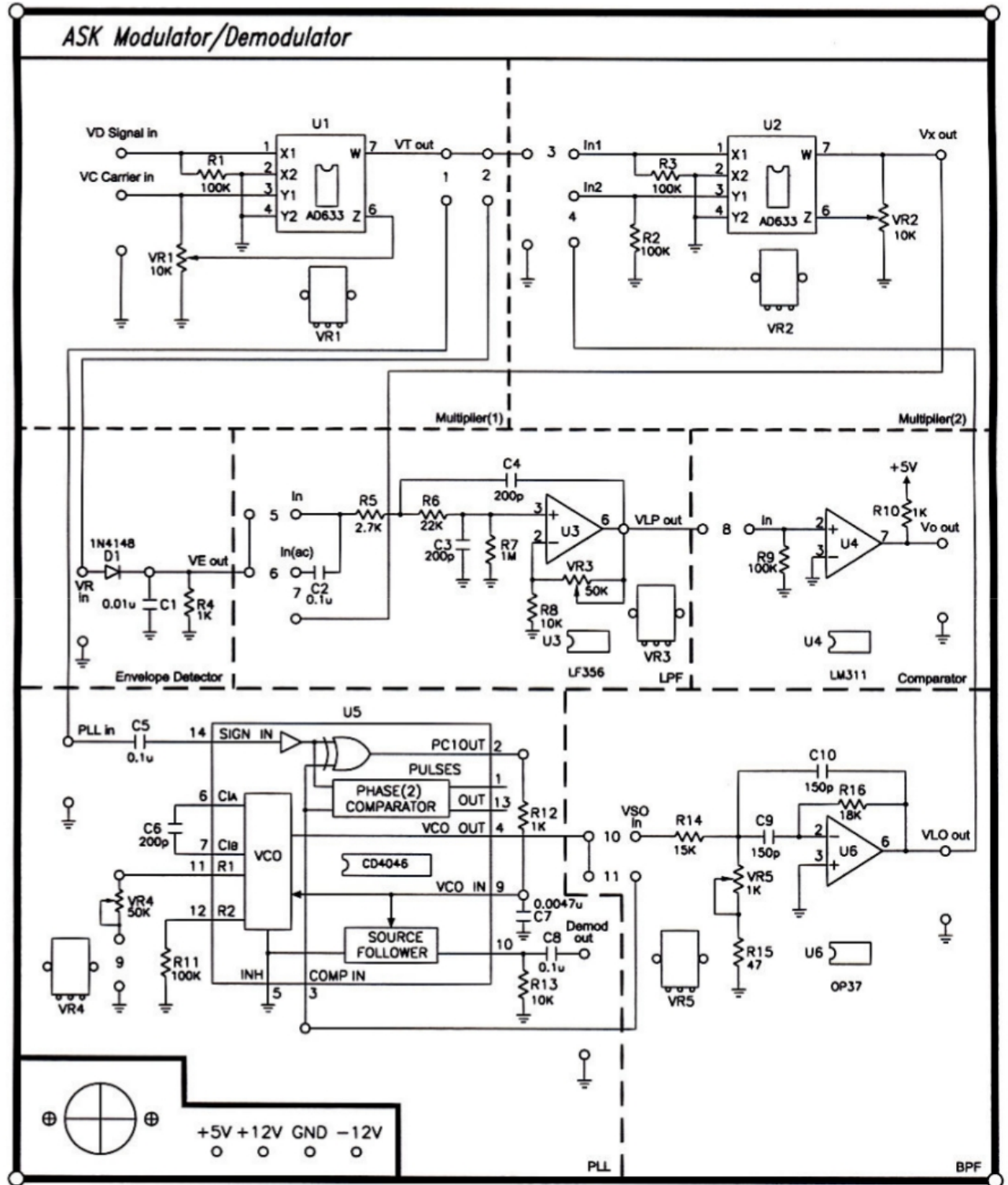
1) ASK – Amplitude Shift Keying – modulacja amplitudy dla sygnałów cyfrowych, czyli kluczkowanie amplitudy ASK. Polega na zmianie amplitudy harmonicznej sygnału nośnego w zależności od stanu wejściowej informacji cyfrowej.



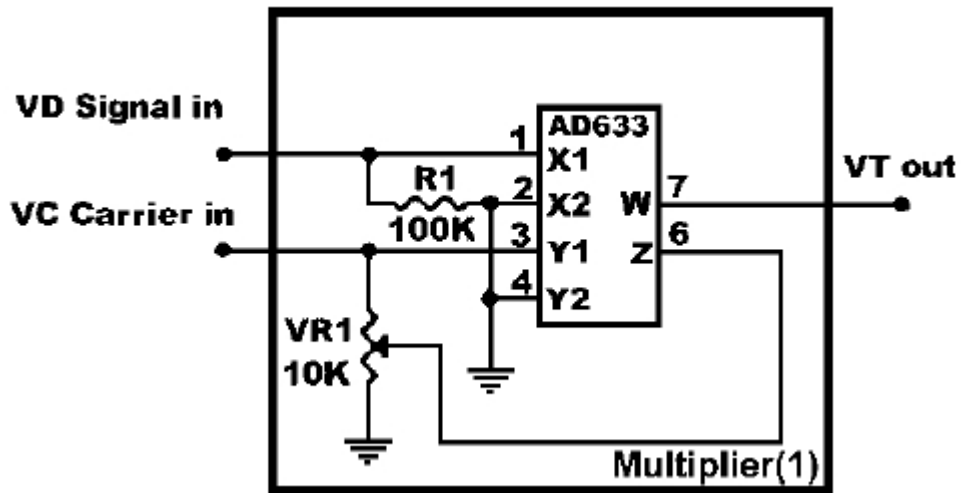
Proces demodulacji ASK odtwarza cyfrowy sygnał modulujący z odebranego sygnału z modulacją ASK. Układ elektroniczny, w którym dokonywany jest ten proces nazywany jest demodulatorem ASK. Demodulatory ASK można podzielić na dwie grupy funkcjonalne: modulatory koherentne i modulatory niekoherentne.

Zaletami ASK są prostota działania oraz relatywnie małe koszty realizacji. Jednak modulacja ta jest silnie podatna na tłumienie oraz zakłócenia. Z tego powodu w praktyce wykorzystuje się ją niezwykle rzadko, głównie w transmisjach światłowodowych.

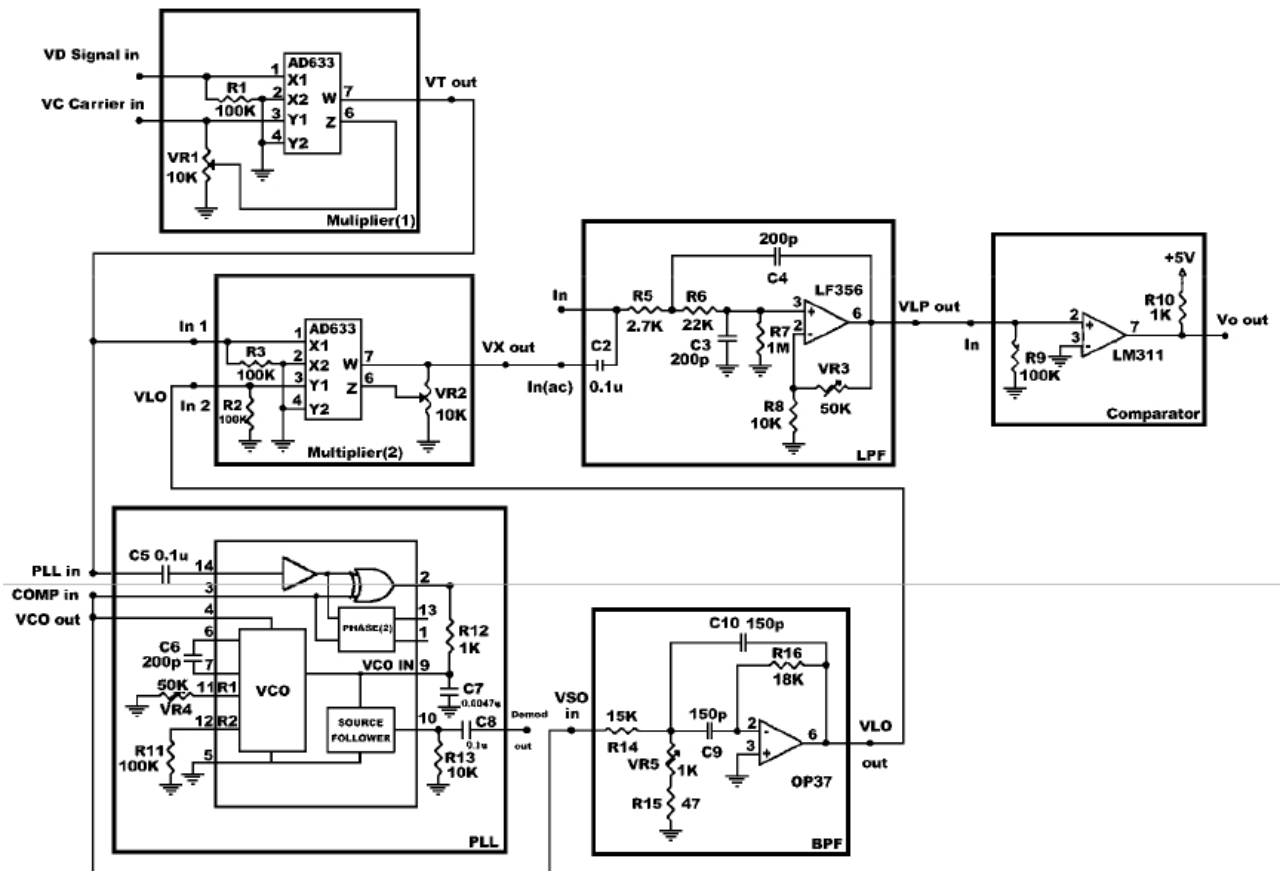
Moduł ćwiczeniowy KL-94005, którego schemat ideowy pokazano poniżej, zawiera obwód modulatora ASK oraz obwody koherentnego i niekoherentnego demodulatora ASK.



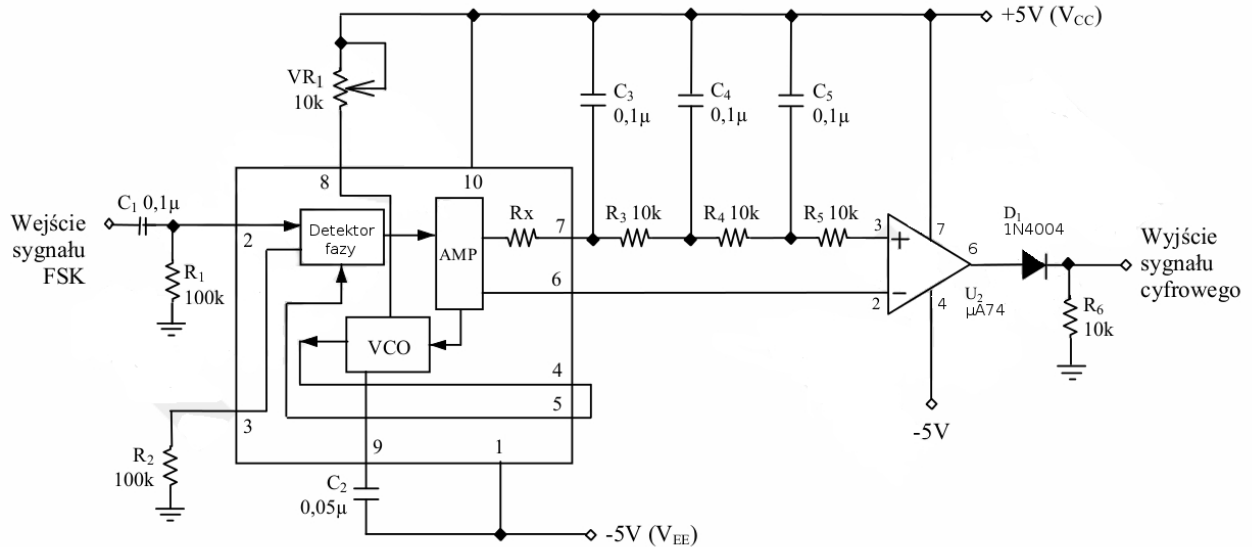
a) modulator ASK



b) koherentny demodulator ASK



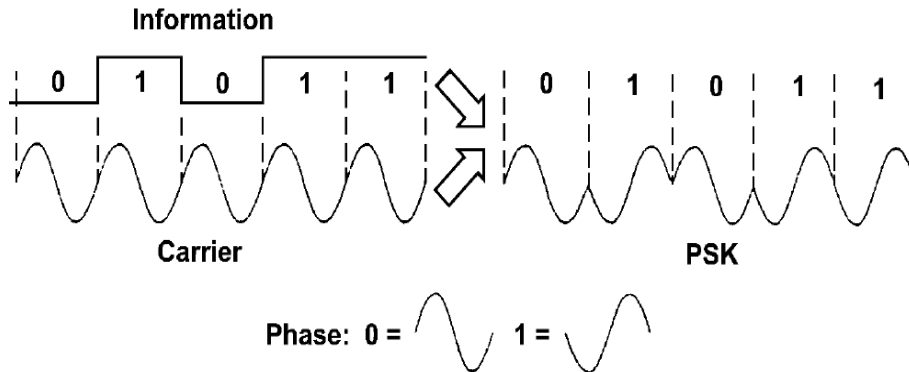
systemów transmisyjnych, w tym jako demodulatory AM i FM, selektory częstotliwości i układy odtwarzania podnośnej chrominancji w odbiornikach telewizji kolorowej. Podobny rozwój układów PLL miał miejsce w cyfrowych systemach komunikacyjnych, gdzie układy z cyfrową pętlą sprzężenia fazowego wykorzystywane są do śledzenia sygnału nośnego lub sygnałów synchronizacji bitów.



Powyższy schemat przedstawia układ demodulatora FSK wykorzystanego w ćwiczeniu.

Układ LM565 zawiera detektor fazy, generator przestrajany napięciem (VCO) oraz wzmacniacz i pracuje przy częstotliwości poniżej 500kHz. Detektor fazy pracuje w układzie podwójnie zrównoważonego modulatora, a oscylator VCO – w układzie integratora z przerzutnikiem Schmitta. Napięcia zasilania +5V i -5V podłączone jest do końcówek odpowiednio 10 (V_{cc}) i 1 (V_{ee}). Sygnał FSK podawany jest na wejście detektora fazy. Ponieważ w naszym ćwiczeniu nie jest potrzebny powielacz częstotliwości, wyprowadzenia 4 i 5 są zwarte ze sobą. Wyjście referencyjne (nóżka 6) dostarcza na wejście komparatora U2 napięcie odniesienia. Rezystor Rx w połączeniu z zewnętrznym kondensatorem C3 pracuje jako filtr pętli. Od wartości stałej czasowej układu potencjometru VR1 i kondensatora C2 zależy częstotliwość oscylacji własnych generatora VCO.

3) PSK – Phase Shift Keying – modulacja fazy dla sygnałów cyfrowych, czyli kluczowanie fazy PSK. Przy stałej amplitudzie i częstotliwości harmonicznego sygnału nośnej stany charakterystyczne uzyskuje się przez zmianę fazy w zależności od stanu informacji pierwotnej.



Modulacja QPSK jest stosowana m.in. w przesyłaniu telewizji kablowej.

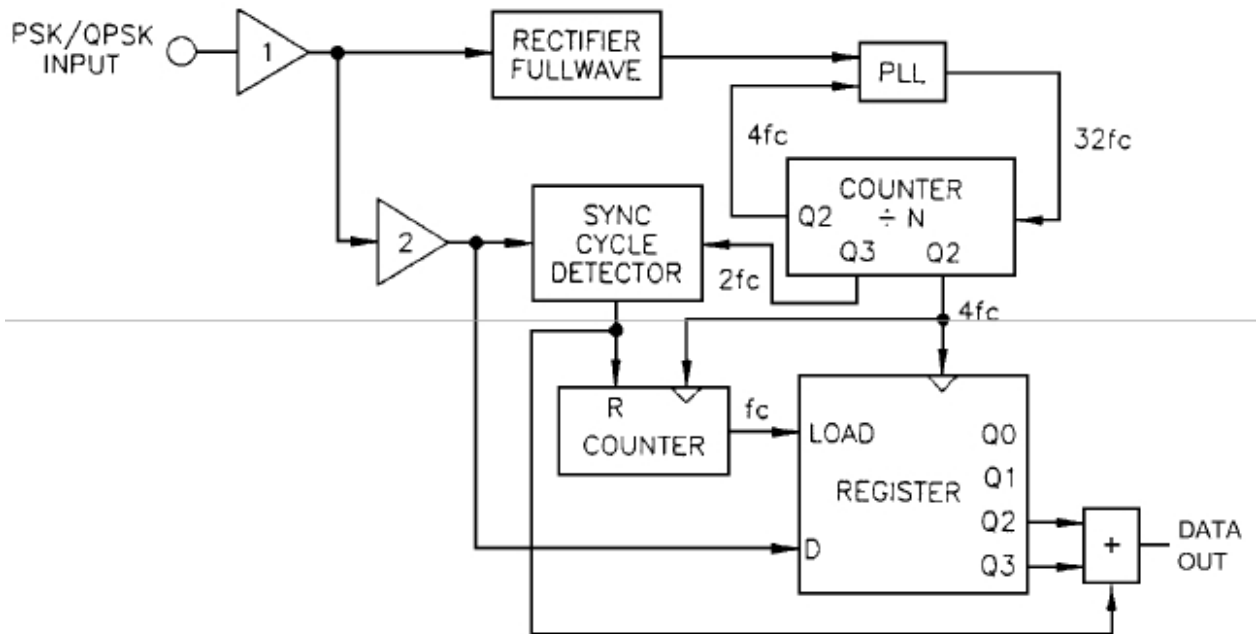
Poniższa tabela prezentuje przykładowe przesunięcia fazy sygnałów PSK i QPSK dla danych informacji wejściowych.

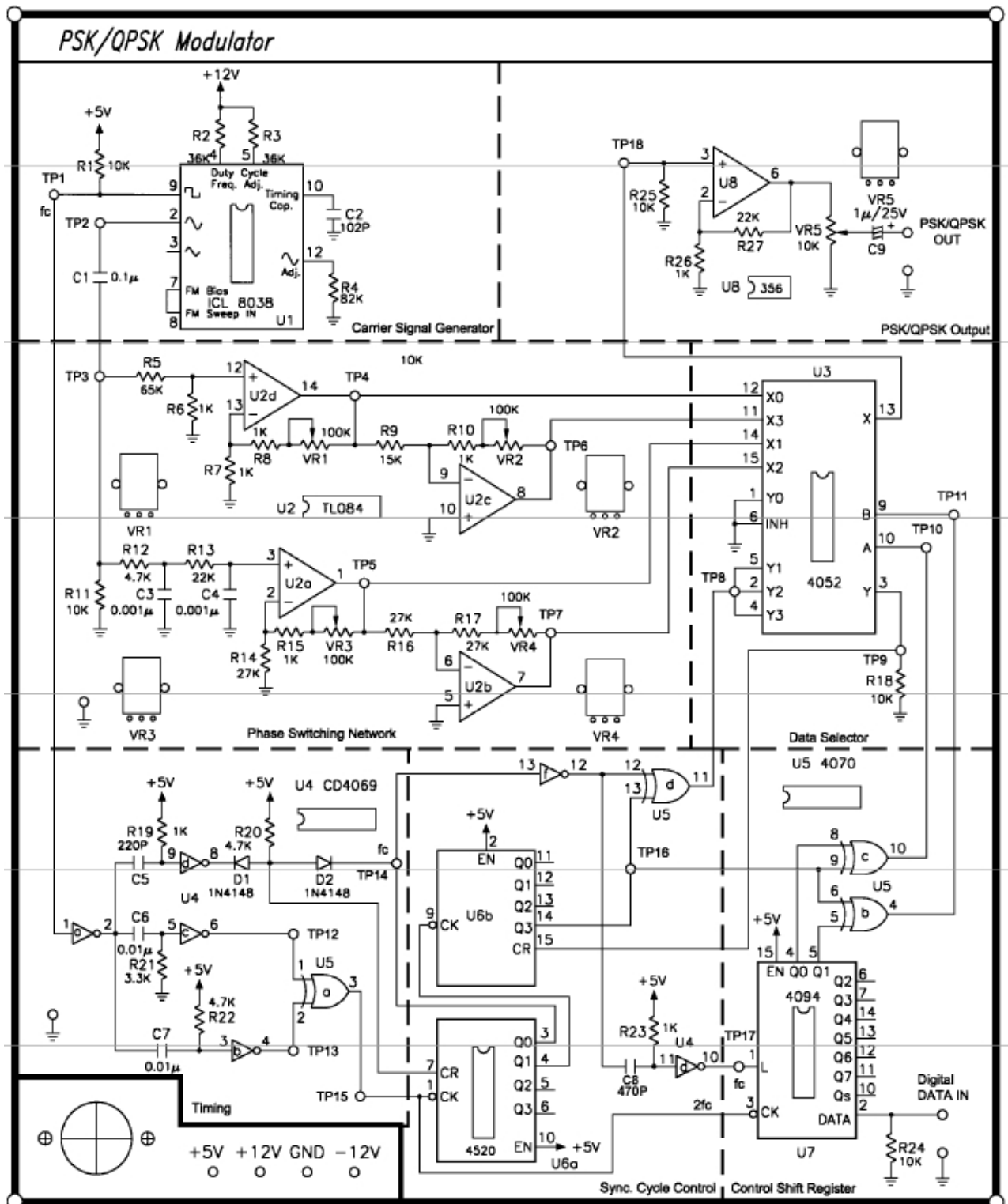
System modulacji	Informacja wejściowa	Przykładowa
PSK	0	0
	1	180
QPSK	00	0
	11	180
	01	90
	10	270

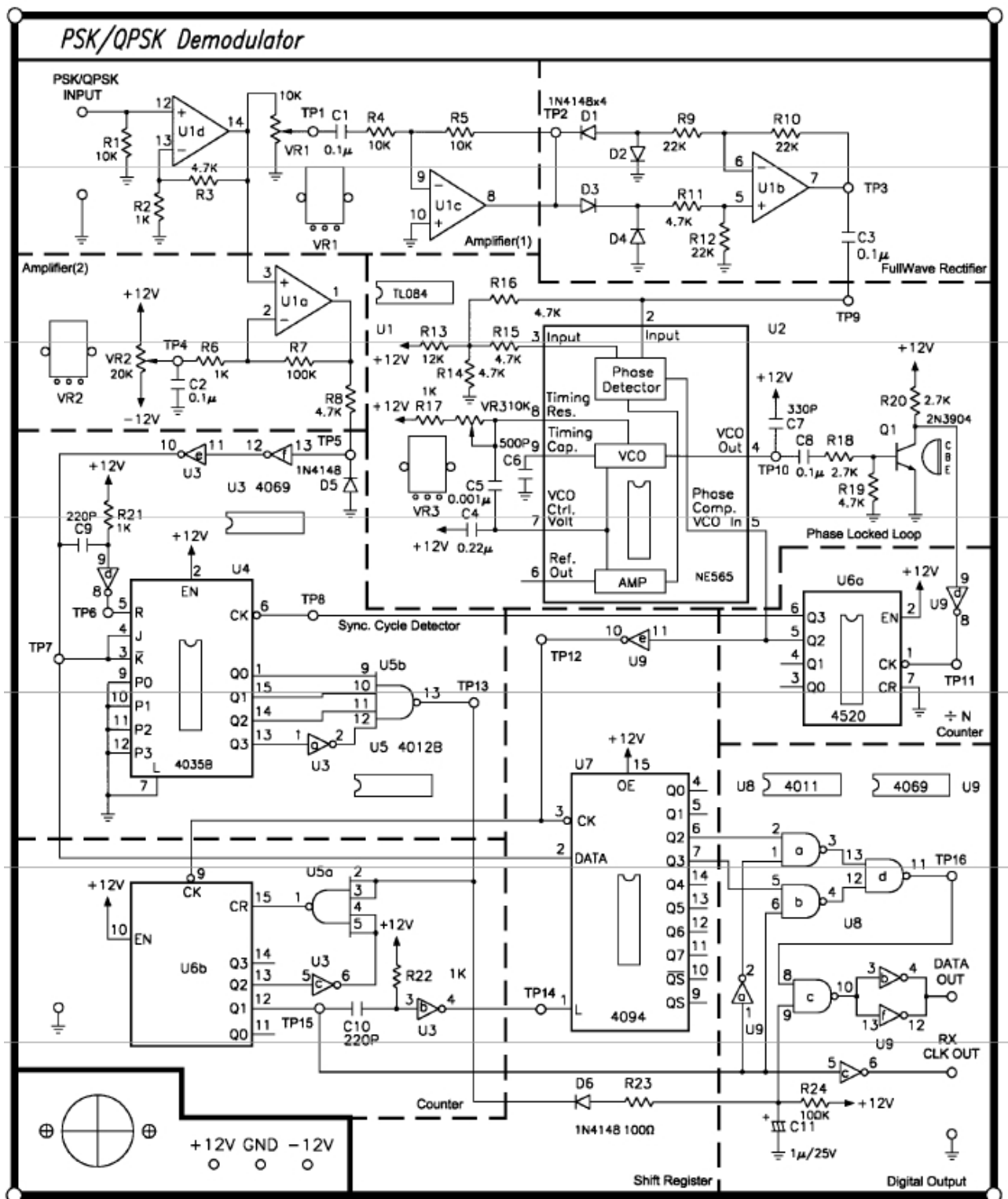
Cyfrowy system telekomunikacyjny jest nazywany koherentnym, jeżeli w odbiorniku dostępny jest lokalny sygnał odniesienia wykorzystywany do demodulacji, który jest zgodny w fazie z przesyłaną falą nośną (z uwzględnieniem ustalonego przesunięcia fazy wprowadzanego przez tor transmisyjny). W przeciwnym przypadku system nazywany jest niekoherentnym. Podobnie, jeżeli w odbiorniku dostępny sygnał okresowy synchroniczny z przesyłaną sekwencją sygnałów cyfrowych (nazywany sygnałem zegarowym), to system nazywany jest synchronicznym, jeżeli zaś zastosowano technikę sygnalizacji, która nie wymaga impulsów zegarowych do odtworzenia przesyłanego sygnału, to system nazywany jest asynchronicznym.

Istnieje wiele metod i obwodów stosowanych do odtworzenia sygnału informacyjnego (modulującego) z sygnału z modulacją PSK/QPSK. W typowym demodulatorze PSK/QPSK, do odtworzenia sygnału zegarowego użytego w modulatorze niezbędny jest obwód pętli synchronizacji fazy PLL.

Poniżej znajduje się schemat blokowy demodulatora PSK/QPSK.







III. Wymagane wyposażenie.

1. Moduł KL-92001 (układ zasilający)
2. Moduł KL-94003 (modulator/demodulator FSK)
3. Moduł KL-94005 (modulator/demodulator ASK)
4. Moduł KL-94006 (modulator PSK/QPSK)
5. Moduł KL-94007 (demodulator PSK/QPSK)
6. Oscyloskop
7. Multimetr cyfrowy

IV. Ćwiczenia.

1) ASK – Amplitude Shift Keying

➤ *Ćwiczenie 1 – Badanie modulatora ASK*

1. W module KL-94005 (modulator/demodulator ASK) zlokalizować obwód modulatora ASK.
2. Do wyjścia *VT out* podłączyć oscyloskop (pamiętać o podłączeniu go również do masy w badanym obwodzie!)
3. Na wejście *VC Carrier in* podłączyć sygnał sinusoidalny o częstotliwości 500kHz i amplitudzie U_{pp} wynoszącej 4V (przed podłączeniem zmierz go multimetrem).
4. Do wejścia *VD Signal in* obwodu podłączyć sygnał prostokątny TTL o częstotliwości 1kHz z wyjścia TTL/CMOS generatora funkcyjnego.
5. Potencjometr VR1 skrócić w prawo do oporu, aby uzyskać na wyjściu *VT out* sygnał z modulacją ASK o maksymalnej amplitudzie. Zdjąć oscylogram i umieścić go w sprawozdaniu.
6. Potencjometr VR1 skrócić w lewo do oporu, aby uzyskać na wyjściu *VT out* sygnał z modulacją ASK o minimalnej amplitudzie. Zdjąć oscylogram i umieścić go w sprawozdaniu.
7. Powtórzyć czynności z punktów 5 i 6 ćwiczenia dla częstotliwości sygnału prostokątnego TTL wynoszących 10kHz oraz 100kHz.

➤ **Ćwiczenie 2 – Badanie koherentnego demodulatora ASK**

1. W module KL-94005 (modulator/demodulator ASK) zlokalizować obwód demodulatora ASK i zestawić obwód koherentnego demodulatora ASK, wpinając zworki do punktów 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10 i 11.
2. Do wejścia fali nośnej *VC Carrier in* podłączyć sygnał sinusoidalny o częstotliwości 500kHz i amplitudzie U_{pp} wynoszącej 4V (Zmierzyć multimetrem przed podłączeniem).
3. Do wejścia *VD Signal in* obwodu podłączyć sygnał prostokątny TTL o częstotliwości 20kHz z wyjścia TTL/CMOS generatora funkcyjnego (częstotliwość mierzyć multimetrem).
4. Potencjometr VR1 skrócić w prawo do oporu, aby na wyjściu *VT out* uzyskać maksymalną amplitudę (mierzyć multimetrem). Sygnał na wyjściu *VT out* jest przebiegiem z modulacją ASK. Podłączyć kanał X oscyloskopu na wyjście *VT out*.
5. Podłączyć multimetr do *VCO OUT I* i potencjometrem VR4 ustawić częstotliwość sygnału na wyjściu *VCO OUT* równą częstotliwości fali nośnej 500kHz.
6. Podłączyć kanał Y oscyloskopu do *VLO out* i potencjometrem VR5 regulować do uzyskania zgodności w fazie sygnałów na wyjściach *VLO out* i *VT out*.
7. Potencjometrem VR2 doprowadzić do uzyskania na wyjściu *Vx out* maksymalnej amplitudy sygnału.
8. Potencjometrem VR3 doprowadzić do uzyskania na wyjściu *VLP out* amplitudy 5V_{pp}.
9. Zdjąć przebiegi na wyjściach *VT out*, *VLO out* dołączyć do sprawozdania.
10. Powtórzyć punkty od 6 do 9 ćwiczenia dla 3 częstotliwości (1, 10, 100 kHz) podanych na *VD Signal in*.
11. Porównać przebieg na wejściu *VD Signal in* z przebiegiem z wyjścia *Vo out* i zapisać swoje spostrzeżenia we wnioskach.

➤ **Ćwiczenie 3 – Badanie niekoherentnego demodulatora ASK**

1. Zestawić obwód niekoherentnego demodulatora ASK, wpinając zworki do punktów 2, 6 i 8 modułu.
2. Na wejście fali nośnej *VC Carrier in* podłączyć sygnał sinusoidalny o częstotliwości 500kHz i amplitudzie U_{pp} wynoszącej 4V.
3. Do wejścia *VD Signal in* obwodu podłączyć sygnał prostokątny TTL o częstotliwości 20kHz z wyjścia TTL/CMOS generatora funkcyjnego (układ zasilający). Podłączyć kanał X oscyloskopu do punktu *VD Signal in*, a kanał Y na wyjście układu (*Vo out*).
4. Podłączyć multimetr do punktu *VT out*, potencjometr VR1 skrócić w prawo do oporu, aby na wyjściu *VT out* uzyskać maksymalną amplitudę. Zdjąć oscylogramy i umieścić je w sprawozdaniu.
5. Powtórzyć punkt 4 ćwiczenia dla częstotliwości 1, 10, 100kHz sygnału prostokątnego TTL z wyjścia TTL/CMOS generatora funkcyjnego podłączonego do wejścia *VD Signal in*.
6. Porównać przebieg na wejściu *VD Signal in* z przebiegiem z wyjścia *Vo out*. Opisać swoje spostrzeżenia w sprawozdaniu.

2) FSK – Frequency Shift Keying

➤ *Ćwiczenie 1 – Badanie modulatora FSK*

1. W module KL-94003 (modulator/demodulator FSK) zlokalizować obwód modulatora FSK.
2. Na wejście cyfrowe (*I/P*) układu podłączyć oscyloskop i podać napięcie stałe o wartości wynoszącej 5V. Obserwując na ekranie oscyloskopu sygnał na wyjściu układu LM566 (pin3), regulować potencjometrem VR2 do uzyskania częstotliwości 1070Hz. (Częstotliwość podawana jest w lewym dolnym rogu ekranu oscyloskopu)
3. Podłączyć oscyloskop na wyjście modulatora i zaobserwować sygnał FSK na wyjściu modulatora. Uzyskany przebieg dołączyć do sprawozdania.
4. Zewrzeć wejście cyfrowe (*I/P*) układu do masy (0V). Obserwując na ekranie oscyloskopu sygnał na wyjściu układu LM566 (pin 3), regulować potencjometrem VR1 do uzyskania częstotliwości 1270Hz.
5. Na ekranie oscyloskopu zaobserwować sygnał FSK na wyjściu modulatora. Uzyskany przebieg dołączyć do sprawozdania.
6. Ustawić sygnał wyjściowy generatora na przebieg TTL i częstotliwości 200Hz, a następnie podłączyć ten sygnał do wejścia cyfrowego modulatora (*I/P*).
7. Podłączyć oscyloskop do wyjścia układu LM566 (pin 3) i na wyjście modulatora (należy pamiętać o podłączeniu masy sond pomiarowych oscyloskopu do masy układu!) obserwować sygnał na wyjściu układu LM566 (pin 3) i sygnał FSK na wyjściu modulatora. Zdjąć oscylogramy i dołączyć je do sprawozdania. Wynik obserwacji zawrzeć we wnioskach.
8. Zmienić częstotliwość generatora na 5kHz i powtórzyć punkt 7.

➤ *Ćwiczenie 2 – Badanie demodulatora FSK*

1. W module KL-94003 (modulator/demodulator FSK) zlokalizować obwód demodulatora FSK.
2. Podłączyć wyjście generatora *VCO* (punkt *T1*) do wejścia oscyloskopu. Obserwować sygnał o częstotliwości drgań własnych układu LM565 i regulować potencjometrem VR1 do uzyskania częstotliwości 1170Hz.
3. Na wejście układu (*I/P*) podłączyć sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1070Hz i amplitudzie U_{pp} wynoszącej 2V. Ustawić sprzężenie wejścia oscyloskopu na DC i obserwować przebieg na wyjściu demodulatora. Zdjąć oscylogramy i dołączyć do sprawozdania.
4. Zmienić częstotliwość sygnału wejściowego na 1270Hz i powtórzyć punkt 2.
5. Wyjście modulatora FSK, naktórego wejście należy podać sygnał prostokątny TTL o częstotliwości 150Hz, połączyć z wejściem demodulatora FSK. Na ekranie oscyloskopu obserwować sygnał wyjściowy z demodulatora. Zdjąć oscylogramy i umieścić w sprawozdaniu. Jeżeli na wyjściu nie pojawi się zdemodulowany sygnał, należy sprawdzić częstotliwości 1070Hz i 1270Hz modulatora.

-
6. Zmienić częstotliwość sygnału na wejściu modulatora FSK na 200Hz. Ustawić sprzężenie stałoprądowe (DC) wejścia oscyloskopu i obserwować przebieg na wyjściu demodulatora. Zdjąć oscylogramy i umieścić w sprawozdaniu.
 7. Przeanalizować wyniki uzyskane w powyższych punktach i na ich podstawie napisać wnioski.

3) PSK – Phase Shift Keying

➤ *Ćwiczenie 1 - Pomiary i regulacje obwodów modulatora PSK/QPSK*

1. Podłączyć moduł zasilający do modułu modulatora PSK/QPSK
2. Podłączyć kanał CH1 oscyloskopu do punktu TP3 modułu, a następnie kanał CH2:
 - a) do punktu TP4 oraz potencjometrem VR1 ustawić amplitudę sygnału w punkcie TP4 na 1Vpp.
 - b) do punktu TP6 oraz potencjometrem VR2 ustawić amplitudę sygnału w punkcie TP6 na 2Vpp.
 - c) do punktu TP5 oraz potencjometrem VR3 ustawić amplitudę sygnału w punkcie TP5 na 3Vpp.
 - d) do punktu TP7 oraz potencjometrem VR4 ustawić amplitudę sygnału w punkcie TP7 na 3Vpp.
3. Do cyfrowego wejścia *DATA IN* podłączyć sygnał prostokątny TTL o częstotliwości 500Hz.
4. Podłączyć kanał CH1 oscyloskopu do punktu *PSK/QPSK OUT*. Potencjometrem VR5 wyregulować amplitudę sygnału wyjściowego na 10V i dołączyć do sprawozdania zrzut ekranu oscyloskopu.
5. Wyłączyć zasilanie obwodów.

➤ *Ćwiczenie 2 - Modulator PSK/QPSK*

1. Do cyfrowego wejścia *DATA IN* podłączyć sygnał prostokątny TTL o częstotliwości 100Hz.
2. Podłączyć kanał CH1 oscyloskopu do punktu *TP12* modułu, a kanał CH2 do punktu *TP13*. We wnioskach zamieścić porównanie fazy tych dwóch sygnałów.
3. Podłączyć kanał CH1 oscyloskopu do punktu *TP15*. Częstotliwość w punkcie pomiarowym powinna być równa podwójnej częstotliwości nośnej $2f_c$.
4. Podłączyć kanał CH1 oscyloskopu do punktu *TP10*, a kanał CH2 do punktu *TP11*. Do sprawozdania dołączyć oscylogram i opis częstotliwości obserwowanych przebiegów.
5. Powtórzyć punkt 4 dla sygnałów cyfrowych na wejściu *DATA IN* o częstotliwości 1kHz i 500Hz.
6. Podłączyć kanał CH1 oscyloskopu do punktu *PSK/QPSK OUT*. Do sprawozdania dołączyć oscylogram i opis częstotliwości obserwowanego przebiegu.
7. Wyłączyć zasilanie obwodów.

➤ **Ćwiczenie 3 - Pomiary i regulacje obwodów demodulatora PSK/QPSK**

1. Połączyć punkt *PSK/QPSK OUT* modułu KL-94006 z punktem *PSK/QPSK INPUT* modułu KL-94007 oraz podłączyć wymagane napięcia zasilania do obu modułów.
2. Podłączyć kanał CH1 oscyloskopu do punktu *TP4* modułu. Potencjometrem ustawić napięcie stałe DC na -5V.
3. Podłączyć kanał CH1 oscyloskopu do punktu *TP1* modułu. W sprawozdaniu zanotować kształt i częstotliwość obserwowanego przebiegu. Potencjometrem VR1 ustawić amplitudę sygnału na 5V.
4. Podłączyć kanał CH1 oscyloskopu do punktu *TP11*. Potencjometrem VR3 ustawić częstotliwość sygnału na 32fc. Do sprawozdania dołączyć oscylogram i opis częstotliwość obserwowanego przebiegu. Jeżeli częstotliwość nośna wynosi 8kHz to częstotliwość sygnału w punkcie *TP11* musi być równa 256kHz.
5. Podłączyć kanał CH1 oscyloskopu do punktu *DATA OUT*. Do sprawozdania dołączyć oscylogram i opis częstotliwość obserwowanego przebiegu. Sygnałem w punkcie *DATA OUT* powinien być zdemodulowany przebieg cyfrowy o częstotliwości 500Hz. Jeżeli tak nie jest, należy lekko obrócić potencjometr VR1 lub włączyć i wyłączyć zasilanie.
6. Podłączyć kanał CH1 oscyloskopu do punktu *RX CLK OUT*. Do sprawozdania dołączyć oscylogram i opis częstotliwość obserwowanego przebiegu. Sygnałem w punkcie *RX CLK OUT* powinien być odtworzony przebieg nośny. Jeżeli tak nie jest, należy lekko obrócić potencjometr VR1 lub włączyć i wyłączyć zasilanie.
7. Wyłączyć zasilanie obwodów.

➤ **Ćwiczenie 4 - Demodulator PSK/QPSK**

1. Do cyfrowego wejścia *DATA IN* podłączyć sygnał prostokątny TTL o częstotliwości 500Hz.
2. Ustawiać kolejno napięcie stałe w punkcie *TP4* na wartości napięcia stałego -5V, -3V, -1V, 0V, +3V. Dla każdej wartości napięcia na ekranie oscyloskopu zaobserwować przebiegi w punktach *TP5*, *TP6*, *TP7* i *TP13*, mierząc ich częstotliwość. Wyniki pomiarów zanotować w tabeli w sprawozdaniu.
3. Ustawić napięcie stałe w punkcie *TP4* na -5V.
4. Na wejście *DATA IN* podłączać kolejno sygnały prostokątne TTL o częstotliwościach 100Hz, 500Hz i 1kHz. Dla każdej częstotliwości wejściowej na ekranie oscyloskopu zaobserwować przebiegi w punktach *TP2*, *TP3* i *TP9*, mierząc ich częstotliwość. Wyniki pomiarów zanotować w sprawozdaniu.
5. Do wejścia *DATA IN* podłączyć sygnał prostokątny TTL o częstotliwości 500Hz.
6. Mierząc częstotliwość sygnału w punkcie pomiarowym *TP11*, regulować potencjometrem VR3 do uzyskania częstotliwości równej 32fc.
7. W sprawozdaniu mają znaleźć się kształt i częstotliwość przebiegów w punktach *DATA OUT* i *RX CLK OUT*.
8. Powtórzyć punkty 6 i 7 dla częstotliwości na wejściu *DATA IN* równych 100Hz i 1kHz.
9. Wyłączyć zasilanie obwodów.

4) Sprawozdanie powinno zawierać:

1. Oscylogramy wyszczególnione w poszczególnych punktach ćwiczeń wraz z krótkim komentarzem i opisem.
2. Porównanie wybranego oscylogramu, dla każdej z modulacji, zawierającego przebieg wejściowy i wyjściowy z przebiegami poglądowymi (patrz cz. teoretyczna instrukcji)
3. Tabele z wynikami pomiarów dla każdego ćwiczenia.
4. Wnioski zawierające:
 - a) Krótką charakterystykę badanych modulacji (pisaną własnymi słowami).
 - b) Opis przykładowych praktycznych zastosowań każdej z modulacji.
 - c) Sprawozdanie z przebiegu ćwiczenia (przebieg czynności, popełnione błędy, ewentualne błędy w działaniu układu, wprowadzone przez nauczyciela modyfikacje w ćwiczeniu, itp.)
 - d) Podsumowanie i wnioski końcowe.