

Modulacja i kodowanie – laboratorium

Modulacje Cyfrowe:

QAM - Kwadraturowa modulacja amplitudowo-fazowa

(Quadrature Amplitude Modulation)

Celem ćwiczenia jest przeprowadzenie modulacji i dekodowania sygnału cyfrowego za pomocą metody kwadraturowej modulacji amplitudowo-fazowej (QAM). Następnie modulacja QAM zostanie zestawiona z innym rodzajem modulacji cyfrowej, w tym przypadku z metodą modulacji polegającej na kluczowaniu fazy (PSK). Celem tego zestawienia będzie porównanie wrażliwości obu metod modulacji na błędy, powstałe na skutek wprowadzenia do kanału transmisyjnego szumu.

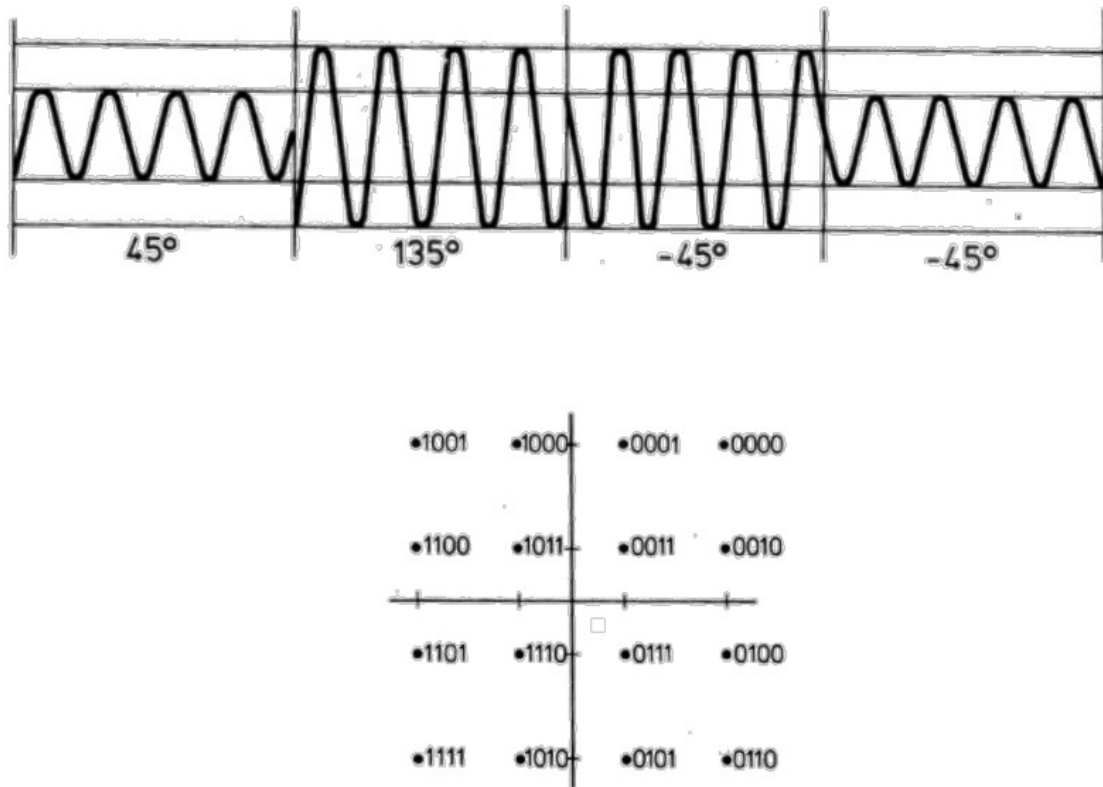
1. Kwadraturowa modulacja amplitudowo-fazowa (QAM):

Kwadraturowa modulacja amplitudowo-fazowa jest modulacją hybrydową, to znaczy, że informacja kodowana jest jednocześnie w zmianach fazy sygnału (jak np. w kluczowaniu fazy – PSK), ale również w zmianach amplitudy (jak w przypadku kluczowania amplitudy – ASK). Sygnał nośny może zatem zmieniać zarówno swoją fazę jak i amplitudę (rysunek 1). Dzięki temu ogromną zaletą modulacji QAM jest możliwość uzyskania bardzo dużej przepływności (to znaczy wzrost szybkości bitowej przy stałej szybkości kodowej). W pojedynczej zmianie sygnału nośnego (jednym bodzie) można zakodować znacznie większą liczbę bitów (nawet do 32), co powoduje znaczny wzrost szybkości bitowej.

Najogólniej rzecz biorąc modulacja **QAM (16-QAM)** polega na rozdzieleniu ciągu 4 bitów na dwie pary bitów - **I** (część symfazowa) oraz **Q** (część kwadraturowa). Następnie dokonuje się modulacji amplitudowej dwóch, fal nośnych, o fazowym przesunięciu względem siebie wynoszącym 90° . Ostatnim etapem modulacji jest zsumowanie obu nośnych.

Metoda **QAM** pozwala na zakodowanie nawet do 32 bitów w jednym bodzie. Odbywa się to poprzez dodanie kolejnych wartości amplitudy oraz zwiększenie liczby przesunięć fazowych. Każdy symbol interpretowany jest jako kombinacja pewnej wartości fazy sygnału oraz jego amplitudy. Można to łatwo zobrazować wykorzystując diagram konstelacyjny (rysunek 1). W procesie dekodowania sygnał interpretowany jest zazwyczaj jako najbliższy mu, w sensie założonej metryki (np. euklidesowej), symbol z diagramu konstelacyjnego (jaki posiada demodulator). Duża liczba stanów układu pociąga za sobą spadek odległości pomiędzy sąsiednimi wartościami amplitud

i przesunięć fazy, który powoduje to utrudnienia w detekcji i interpretacji odebranego sygnału. W przypadku sytuacji idealnej, gdzie nie występują żadne szумы i inne zakłócenia w torze transmisyjnym problem oczywiście nie występuje. Ponieważ szum wpływa na pozycję odebranego znaku (względem reprezentacji kwadraturowej sygnału, jak diagram konstelacyjny) więc im mniejsza jest powierzchnia zarezerwowana na dany znak tym większa jest wrażliwość na szum.



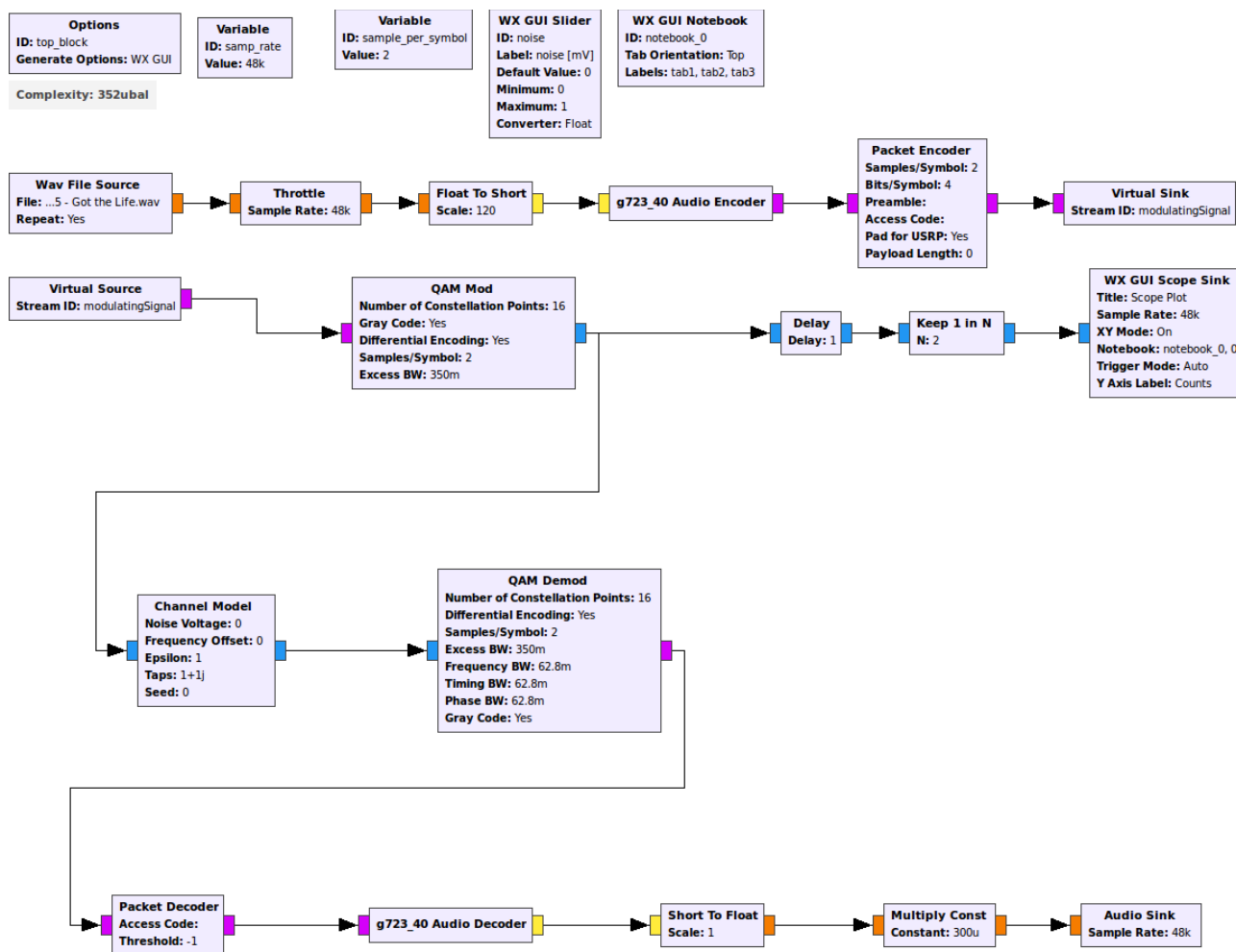
Rys. 1: Kwadraturowa modulacja amplitudowo-fazowa (QAM): u góry widoczny sygnał nośny zmodulowany metodą QAM – widoczne cztery różne fazy sygnału oraz dwie amplitudy, na dole przykład diagramu konstelacyjnego opisującego modulację 16-QAM (sygnał nośny może przyjmować jeden z 16 stanów).

1.1 Modulacja QAM.

Zbuduj na podstawie poniższego schematu system umożliwiający modulację cyfrowego sygnału audio oraz następnie jego dekodowanie i odtworzenie (Rys. 2).

- Częstotliwość próbkowania powinna być zgodna z próbkowaniem pliku wav.
- Zespół komponentów „Delay”, „Keep 1 in N” oraz „WX GUI Scope Sink” służy do generowania diagramu konstelacyjnego (komponent *WX Constellation Sink* działa poprawnie tylko dla modulacji kluczowania fazy).

- Komponent „Delay”: w polu „Delay” wpisz „ $\text{sample_per_symbol}/2$ ”, gdzie sample_per_symbol jest nazwą zmiennej.
- Komponent „Keep 1 in N”: w polu „N” umieść zmienną sample_per_symbol .
- Komponent „Channel model”, wartość pola „Noise voltage” powinna być regulowana w zakresie od 0 do 1V (z krokiem co 1mV).
- Liczba punktów konstelacyjnych wynosi 16.



Rys. 2: Schemat blokowy systemu transmisji danych wykorzystujący metodę modulacji QAM.

- Uruchom skrypt. Dźwięk powinien się odtwarzać prawidłowo. Przyjrzyj się diagramowi konstelacyjnemu.
- Zwiększaj wartość poziomu szumu. Ustal w którym momencie transmisja staje się nieczytelna, a także kiedy zostanie przerwana. Zapisz tę wartość.

1.2 Porównanie odporności na szum modulacji QAM i PSK.

- Zmodyfikuj diagram z poprzedniego punktu zamieniając modulację QAM na PSK. Zmień liczbę punktów konstelacyjnych na 16 (komponenty modulacji QAM można jedynie „wylączyć”).
- Uruchom skrypt. Dźwięk powinien się odtwarzać prawidłowo. Przyjrzyj się diagramowi konstelacyjnemu.
- Zwiększaj wartość poziomu szumu. Ustal w którym momencie transmisja staje się nieczytelna, a także kiedy zostanie przerwana. Zapisz tę wartość.
- Która metoda jest bardziej odporna na szum?
- Jaka jest tego przyczyna ?