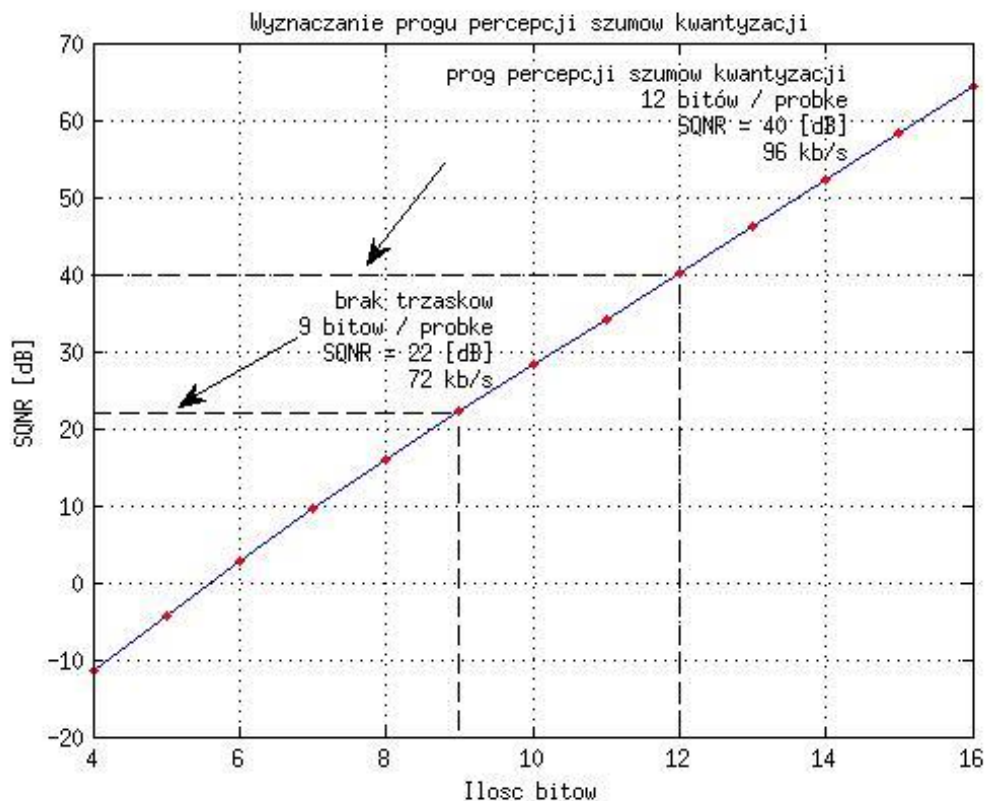


## 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z kwantyzacją liniową, dynamiczną oraz nieliniową, a także ich wpływem na jakość sygnału mowy. Analizie poddana zostanie wartość SQNR. Dodatkowo badana będzie także minimalna szybkość przesyłu niezbędna do realizacji każdego z kwantyzatorów.

## 2. Przebieg ćwiczenia

Rysunek 1: Wyznaczanie progu percepcji szumów kwantyzacji



Kolejne wartości SQNR układają się na prostej, której współczynnik nachylenia opisywany jest poniższym wzorem:

$$a = \frac{SQNR(b_2) - SQNR(b_1)}{b_2 - b_1} \left[ \frac{dB}{bit} \right].$$

Podstawiając do wzoru dokładne wartości z wykresu otrzymujemy:

$$a = \frac{40.19 - 22.12}{12 - 9} = 6.023 \left[ \frac{dB}{bit} \right].$$

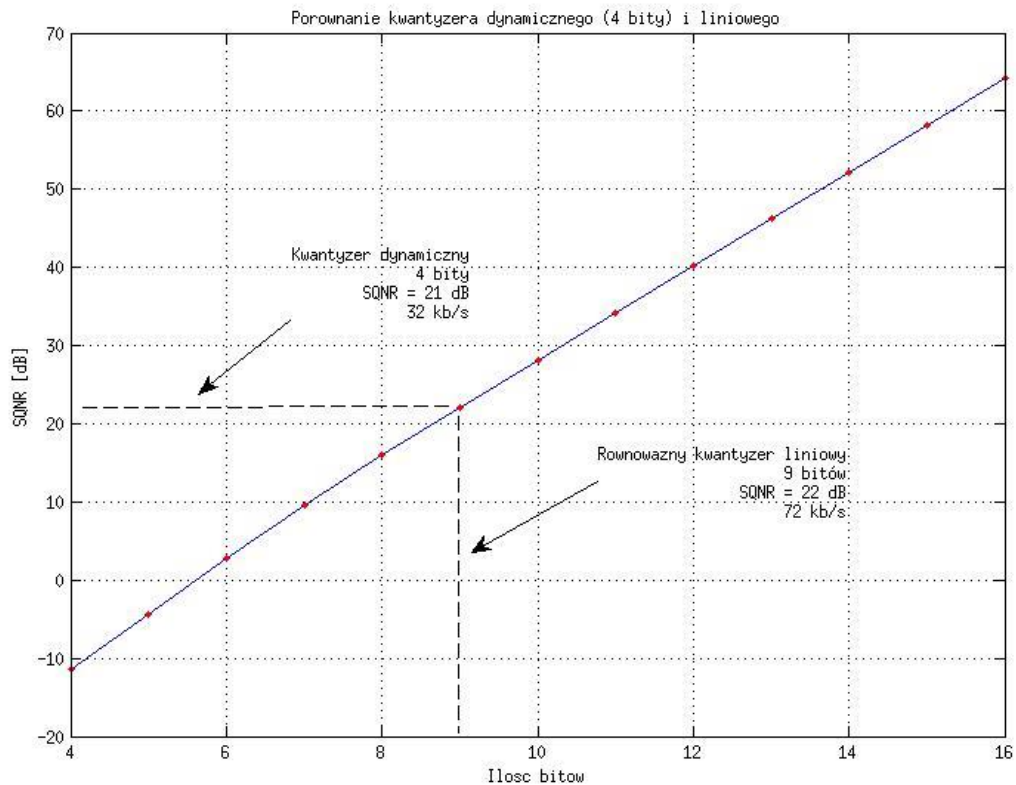
Wartość ta posiada niewielką niepewność, ponieważ określamy ją w pojedynczym eksperymencie, podczas którego wykorzystane zostały estymatory. Dla każdej z badanych ilości bitów na próbkę wykonany został odsłuch analizowanego sygnału mowy. Subiektywne wrażenia, a także minimalna szybkość transmisji oraz wartości SQNR zostały zebrane w poniższej tabeli.

*Tabela 1: Wrażenia subiektywne, wymagana szybkość transmisji oraz wartość SQNR dla różnej ilości bitów na próbkę przy częstotliwości próbkowania  $f_s = 8$  kHz*

Liczba bitów na próbkę	Wrażenia subiektywne	Vt [kb/s]	SQNR [dB]
4	Przekaz niezrozumiały	32	-11,46
5	Przekaz niezrozumiały	40	-4,442
6	Przekaz częściowo zrozumiały	48	2,691
7	Przekaz zrozumiały, brak akceptacji jakości, wysoki poziom trzasków	56	9,591
8	Przekaz zrozumiały, jakości na granicy przyzwoitości, średni poziom trzasków	64	15,99
9	Przekaz zrozumiały, akceptacja jakości, brak trzasków, średni poziom szumów	72	22,12
10	Przekaz zrozumiały, akceptacja jakości, brak trzasków, średni poziom szumów	80	28,17
11	Przekaz zrozumiały, akceptacja jakości, brak trzasków, niski poziom szumów	88	34,11
12	Przekaz zrozumiały, akceptacja jakości, brak trzasków, bardzo niski poziom szumów, wartość progowa	96	40,19

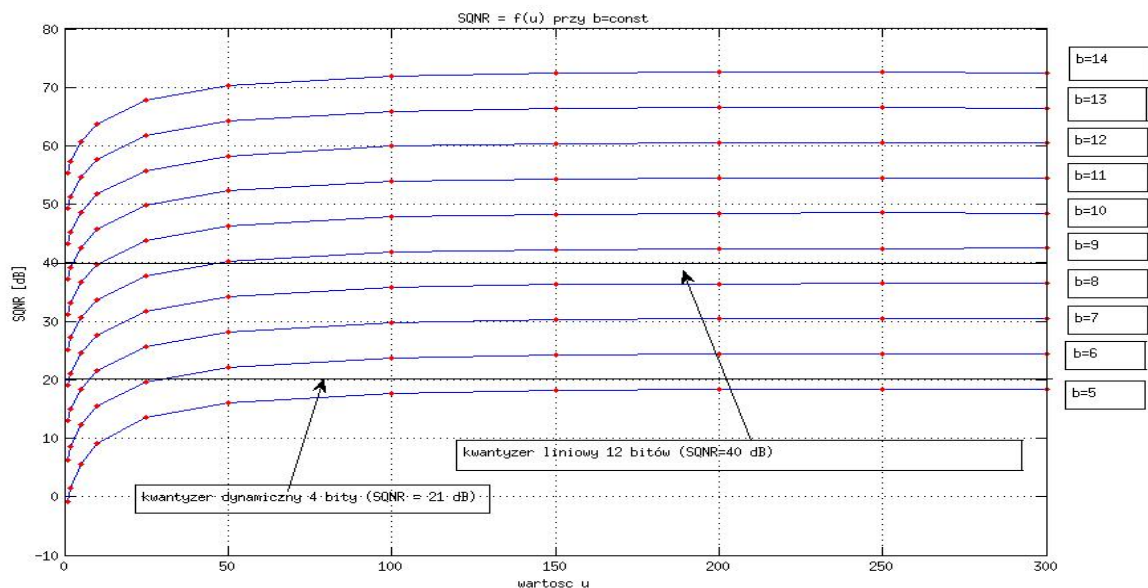
Dla ilości bitów na próbkę  $b = 9$  trzaski w sygnale mowy przestają być zauważalne. Odpowiada to SQNR = 22 dB i szybkości transmisji  $V_t = 72$  kb/s. Stopniowo zwiększając ilość bitów jakość ulega poprawie, aż do  $b = 12$ , co odpowiada SQNR = 40 dB i  $V_t = 96$  kb/s. Jest to wartość progowa. Dalsze zwiększanie  $b$  nie przyniesie oczekiwanych rezultatów – słyszalnej poprawy jakości sygnału mowy, a będzie wymagało ciągłego zwiększania wymagań sprzętowych. Powyżej  $b = 12$  zauważalne stają się też szumy kwantyzacji. Zależnie więc od zastosowań, dla kwantyzer liniowego optymalnym zakresem pracy jest obszar pomiędzy 9, a 12 bitów na próbkę.

Rysunek 2: Porównanie czterobitowego kwantyzera dynamicznego z kwantyzерem liniowym



Równoważnym, w sensie SQNR, dla czterobitowego kwantyzera dynamicznego jest dziewięciobitowy kwantyzер liniowy. Różnica SQNR wynosi jedynie 1dB na korzyść kwantyzera liniowego, jednak kwantyzер dynamiczny wymaga do pracy minimalnej szybkości transmisji aż o 40 kb/s mniejszej. Jest to prawie o połowę mniej niż potrzebuje równoważny kwantyzер liniowy.

Rysunek 3: Wartość SQNR w funkcji  $u$  przy ustalonej ilości bitów na próbkę



Na rysunku trzecim przedstawiono wykres  $SQNR = f(u)$  dla kwantyzera nieliniowego przy różnych wartościach  $b$ . Następnie na wykres naniesione zostały dwunastobitowy kwantyz器 liniowy, a także czterobitowy kwantyz器 dynamiczny. Analizując wykres, zauważono, że:

- kwantyz器 nieliniowy dostarcza sygnał o dobrej jakości  $SQNR = 40$  dB dla  $b = 8$  bitów/próbkę,
- kwantyz器 dynamiczny wykazuje lepsze własności przy jakości  $SQNR = 20$  dB – wymaga minimalnej szybkości transmisji mniejszej o 8 kb/s niż równoważny kwantyz器 nieliniowy,
- kwantyz器 nieliniowy posiada lepsze własności niż kwantyz器 liniowy przy jakości  $SQNR = 40$  dB – zysk na szybkości transmisji wynosi 24 kb/s.

Każdy analizowany kwantyz器 nieliniowy osiąga stabilny poziom  $SQNR$  dla  $u > 100$ . Dalsze zwiększanie tego parametru nie przynosi poprawy jakości sygnału, można wtedy jedynie zwiększyć ilość bitów na próbkę.

### 3. Wnioski końcowe

- Rys. 1 przedstawia kwantyz器 liniowy o współczynniku nachylenia prostej  $a = 6.023$  dB/bit.
- Dla kwantyzera liniowego przy wartości  $b = 9$  bitów na próbkę w sygnale mowy przestają być słyszalne trzaski, a jakość sygnału możemy uznać za przyzwoitą. Wymaga to szybkości transmisji  $V_t = 72$  kb/s i oferuje  $SQNR = 22$  dB.
- Dla kwantyzera liniowego wartością progową jest  $b = 12$  bitów na próbkę. Jest to próg percepcji szumów kwantyzacji. Oferowana wtedy wartość  $SQNR$  to 40 dB przy szybkości transmisji  $V_t =$  Dalsze zwiększanie ilości bitów na próbkę nie poprawia jakości, a wymaga zwiększania zasobów sprzętowych.
- Analizując kwantyz器 dynamiczny z  $b = 4$  bity na próbkę, wyznaczony został równoważny kwantyz器 liniowy, który wymagał  $b = 9$  bitów na próbkę. Zastosowanie kwantyzera dynamicznego pozwala obniżyć szybkość transmisji do 32 kb/s. Jest to o 40 kb/s mniej, niż wymaga równoważny kwantyz器 liniowy.
- Kwantyz器 nieliniowy dostarcza sygnał o jakości  $SQNR = 40$  dB dla  $b = 8$  bitów na próbkę.
- Kwantyz器 dynamiczny wykazuje lepsze własności od kwantyzera nieliniowego przy jakości  $SQNR = 20$  dB. Wymaga minimalnej szybkości transmisji mniejszej o 8 kb/s niż równoważny kwantyz器 nieliniowy.
- Kwantyz器 nieliniowy posiada lepsze własności niż kwantyz器 liniowy przy jakości  $SQNR = 40$  dB. Zysk na szybkości transmisji wynosi 24 kb/s.