

PRZETWARZANIE SYGNAŁÓW W TELEKOMUNIKACJI - OKNO

10 zadań i pytań - po 6 punktów za zadanie

Treści zadań z komentarzami

Zadania i pytania:

1. Jest dany sygnał FM:

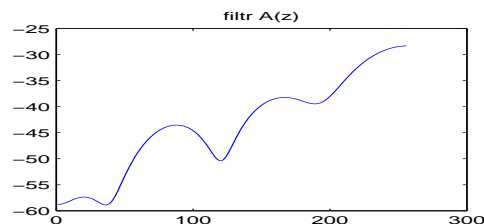
$$s(t) = A \cos [2\pi f_0 t + \beta \sin(2\pi f_m t)]$$

Pasma tego sygnału (obliczone z prawa Carsona) wynosi 100 kHz, a częstotliwość sygnału modulującego $f_m = 10$ kHz. Szukane: indeks modulacji β i (maksymalna) dewiacja częstotliwości ΔF .

Komentarz: Ze wzoru Carsona (20) $\Delta F=40$ kHz, $\beta=4$

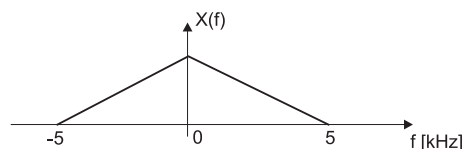
2. Na rysunku pokazano charakterystykę częstotliwościową (w zakresie od częstotliwości 0 do połowy częstotliwości próbkowania) filtra $A(z) = \sum_{i=0}^N a_i z^{-i}$. Ile (co najmniej) wynosi N ? Odpowiedź uzasadnij.

Komentarz: Transmitancja $A(z)$ to wielomian stopnia N . Trzeba więc szukać zer transmitancji, obserwując minima ch-ki częstotliwościowej. Jedno zero leży na osi rzeczywistej, stąd minimum ch-ki dla częstotliwości $=0$. To zero nie ma sprzężonego "partnera". Poza tym są 3 zera zespolone (bo 3 minima ch-ki), lecz te mają sprzężone odpowiedniki. Razem 7 zer, a więc $N=7$.



3. Na rysunku pokazano widmo sygnału analogowego. Został on próbkowany z częstotliwością próbkowania $f_s = 1/T = 8$ kHz. Naszkicuj widmo sygnału próbek. Czy można odzyskać sygnał analogowy z sygnału próbek? Jaka jest najmniejsza częstotliwość próbkowania, która to umożliwia?

Komentarz: Widmo sygnału próbek składa się z kopii widma sygnału ciągłego, przesuniętych o wielokrotność częstotliwości próbkowania. Przesuwając o 8 kHz kolejne kopie widzimy, że się częściowo pokrywają, a więc nie można z widma sygnału próbek odzyskać widma sygnału ciągłego. Zresztą z tw. o próbkowaniu wynika natychmiast, że dla pasma $B=5$ kHz, najmniejsza częstotliwość próbkowania $= 2B=10$ kHz.



4. Sygnał telefoniczny poddano próbkowaniu (8000 próbek/s), kwantowaniu i transmisji z przepływnością 32 kbit/s, otrzymując $SNR = 22$ dB. Następnie zwiększono szybkość transmisji

do 64 kbit/s. Jakiej wartości SNR należy się teraz spodziewać? Odpowiedź uzasadnij.

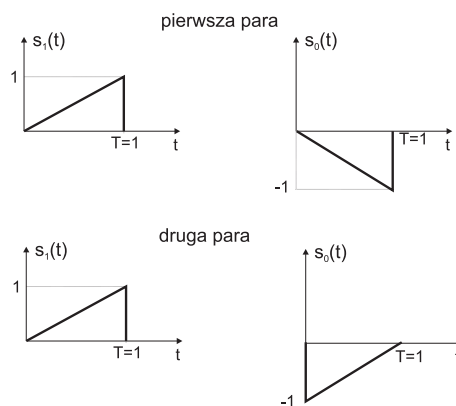
Wskazówka: ile bitów na próbkę b jest w obu przypadkach?

Komentarz: W pierwszym przypadku mamy $b=32000/8000=4$ bity/próbkę, a w drugim $64000/8000=8$ bit/próbkę. Przybyły 4 bity, a więc poprawa SNR wynosi $4 \times 6 = 24$ dB. Ostatecznie mamy $SNR = 22+24=46$ dB

5. Współczynniki autokorelacji sygnału wynoszą $R_0 = 1$, $R_1 = 0.9$ (pozostałych współczynników nie znamy). Zastosowano predyktor, przewidujący wartość bieżącej próbki jako wartość próbki poprzedniej: $x_n^p = x_{n-1}$. Jaką moc błędu predykcji udało się osiągnąć? Czy jest to predyktor optymalny?

Komentarz: Wzór (48): podstawiamy $a_1 = 1$ i mamy moc błędu $=0.2$. Minimum błędu zapewnia $a_1 = 0.9$, a więc predyktor $x_n^p = x_{n-1}$ nie jest optymalny.

6. Która para sygnałów: $s_1(t), s_0(t)$ (patrz rysunek) jest bardziej odporna na szum w kanale? (tzn. mniej błędów przy tym samym szumie). Odpowiedź uzasadnij.



Wskazówka: oblicz energię E_{10} dla obu par

Komentarz: Dla pierwszej pary $E_{10}=4/3$, a dla drugiej 1. Pierwsza para zapewnia mniejsze prawdopodobieństwo przekłamania P_e .

7. Układ dyskretny (filtr cyfrowy) jest opisany równaniem różnicowym: $y_n = x_n - \frac{2}{3}y_{n-1} + \frac{8}{9}y_{n-2}$. Czy jest to układ o skończonej czy nieskończonej odpowiedzi impulsowej? Jaką ma transmitancję? Czy jest to układ stabilny?

Komentarz: $H(z) = \frac{1}{1 + \frac{2}{3}z^{-1} - \frac{8}{9}z^{-2}}$. Wielomian w mianowniku świadczy o nieskończonej odpowiedzi impulsowej. Bieguny (zera mianownika) to $-4/3$ i $2/3$. Jeden z nich ma moduł większy od 1, a więc filtr niestabilny.

8. Filtr cyfrowy na transmitancję $H(z) = \frac{1}{1-0.9z^{-1}}$, częstotliwość próbkowania wynosi 8 kHz. Naskicuj (schematycznie) charakterystykę częstotliwościową filtru w zakresie częstotliwości od 0 do 8 kHz. Jakie jest wzmocnienie filtru dla częstotliwości $f = 0$, $f = 2kHz$, $f = 4kHz$?
Komentarz: Wszystko opiera się na podstawieniu (25). Wzmocnienie filtru dla częstotliwości $f=0$ otrzymamy podstawiając $z=1$ (wychodzi 10), dla $f=8$ kHz (czyli dla częstotliwości próbkowania) jest takie samo. Dla $f=4$ kHz (połowa częstotliwości próbk.) podstawiamy $z=-1$ (wychodzi $1/1.9$), Dla $f=2$ kHz podstawiamy $z=j$ i obliczamy moduł. Wychodzi około 0.74.

9. Jakie znasz kwantyzatory? Porównaj ich własności.
10. Wymień i krótko opisz procesy, które składają się na transmisję sygnału mowy kanałem **cyfrowym** (np. bezprzewodowym). Zacznij od analogowego sygnału na wyjściu mikrofonu a zakończ sygnałem analogowym na wejściu słuchawki.