

UŚREDNIANIE SYGNAŁÓW (1)

I. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie zasad, właściwości i przykładów zastosowania wybranych metod uśredniania sygnałów w dziedzinie czasu.

II. Zagadnienia

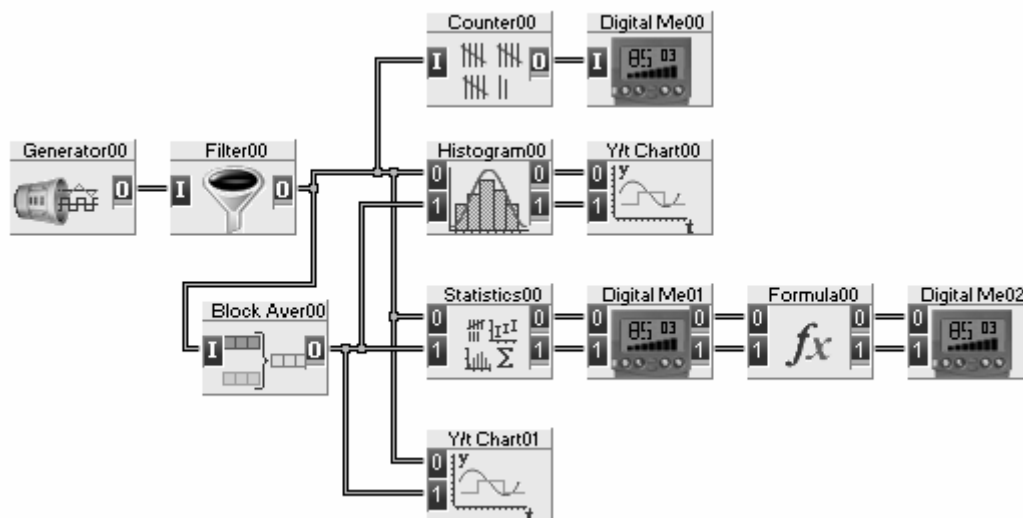
1. Klasyfikacja metod uśredniania w dziedzinie czasu.
2. Stosunek sygnał/szum, zysk uśredniania w dziedzinie czasu.
3. Uśrednianie koherentne i niekoherentne sygnałów w dziedzinie czasu - zasady, właściwości, zastosowanie.
4. Uśrednianie próbek: średnia arytmetyczna, mediana - właściwości, zastosowanie.

III. Przebieg ćwiczenia

Do wykonania ćwiczenia wykorzystany zostanie komputer PC i program DASYLab

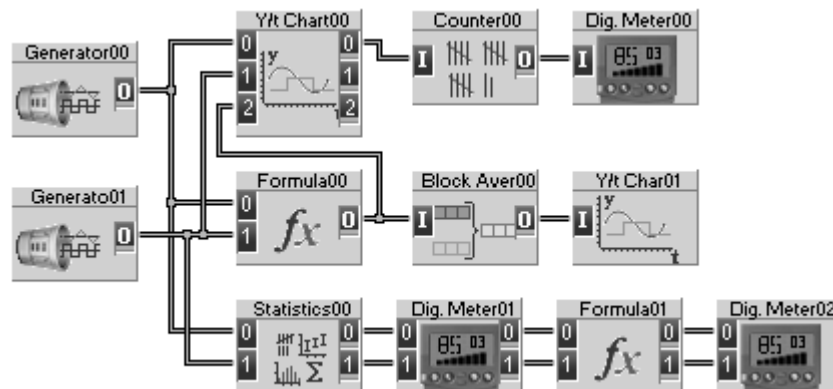
1. Uśrednianie sygnałów (w zbiorze realizacji)

- 1.1. Zbudować układ do weryfikacji zysku uśredniania szumu przedstawiony na rysunku 1. Opcje modułów: **Generator00**: Noise, 5V; **Filter00**: Low Pass, At 5000 Hz, Order 3, Butterworth; **Block Aver00**: Running, Average, **Counter00**: Blocks, Continous, Block, **Histogram00**: obydwaj bloki: Class histogram, Decompose Range from -5,0 to below 5,0 into 80 bins, **Statistics00**: obydwaj bloki: Standard Deviation, Block Based, **Formula00**: blok1: $IN(0)/IN(1)$, blok2: $20 \cdot \log(IN(0)/IN(1))$; **Dig.Meter00**: Last Value, Name: liczba uśrednień; **Dig.Meter01**: Last Value, Name: blok1: STD sygnał, blok2: STD szum, **Dig.Meter02**: Last Value, Name: blok1: SNR, Unit: - ; blok2: SNR dB, Unit: dB, **Y/tChart00-01**: Auto Scaling, Multiple Charts.
- 1.2. W menu programu *Experiment/Experiment Setup/Driver* ustawić Sample Rate/Ch = 20 kHz, Block Size = 20 000.



Rys. 1. Układ do weryfikacji zysku uśredniania szumu

- 1.3. Uruchomić program i zaobserwować przebiegi czasowe oraz histogramy sygnałów przed i po uśrednieniu. Układ realizuje uśrednianie w zbiorze kolejnych realizacji szumu, liczbę uśrednień N_d pokazuje miernik **Dig.Meter01**. Miernik **Dig.Meter00** wyświetla odchylenie standardowe sygnału przed- i po uśrednieniu, a **Dig.Meter02** - zysk uśredniania liczony jako iloraz ww. odchyleń oraz wyrażony w decybelach. Zwrócić uwagę na zmiany histogramu uśrednionego sygnału przy wzroście liczby uśrednień.
- 1.4. Dla kilkunastu wartości liczby uśrednień N_d w zakresie od 1 do 500 wyznaczyć i narysować zależności: odchylenie standardowe sygnału uśrednionego od N_d oraz zysk uśredniania (w dB) od N_d . Zarejestrować przykładowe przebiegi dla wybranych wartości N_d .
- 1.5. Zbudować układ do uśredniania koherentnego i niekoherentnego sygnałów przedstawiony na rysunku 2. Opcje modułów: **Generator00**: Sine 10 Hz, 1V; **Generator01**: Noise 5V; **Formula00**: $IN(0) + IN(1)$; **Statistics00**: obydwie bloki: Standard Deviation, Running; **Counter00**: Blocks, Continuous, Block; **Block Aver00**: Running, Average; **Formula01**: Blok1: $IN(0) / IN(1)$, Blok2: $20 \cdot \log(IN(0)/IN(1))$; **Dig.Meter00**: Last Value, Name: liczba uśrednień; **Dig.Meter01**: Last Value, Name: blok1: STD sygnał, blok2: STD szum; **Dig.Meter02**: Last Value, Name: blok1: SNR, Unit: - ; blok2: SNR dB, Unit: dB.
- 1.6. W menu programu *Experiment/Experiment Setup* ustawić Sampling Rate/Ch = 1024 Hz, Block Size = 1024, co umożliwi realizację uśredniania koherentnego zaszumionego przebiegu okresowego.



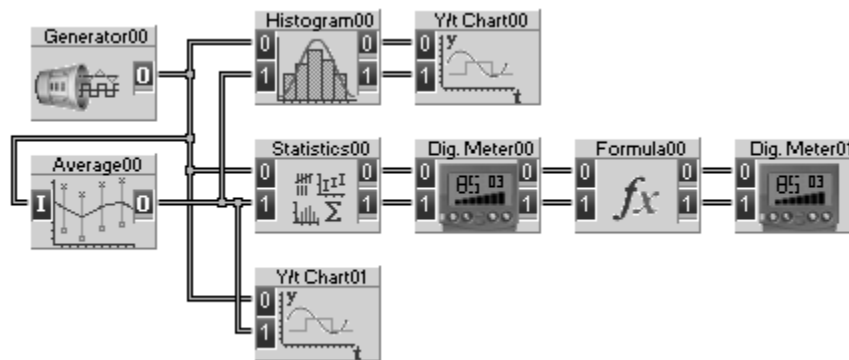
Rys. 2. Układ do badania uśredniania koherentnego i niekoherentnego sygnałów

- 1.7. Uruchomić program i zaobserwować przebiegi czasowe sygnałów. Zwrócić uwagę na redukcję szumu w uśrednionym sygnale sumarycznym w miarę wzrostu liczby uśrednień N_d . **Dig.Meter00** pokazuje liczbę uśrednień, **Dig.Meter01** odchylenia standardowe sygnałów przed i po uśrednieniu, a **Dig.Meter02** stosunek sygnał/szum obliczany analogicznie jak w poprzednim układzie. Zarejestrować przebieg uśrednionego sygnału dla kilku wartości N_d (np. 10, 50, 100).
- 1.8. Powtórzyć eksperyment dla kilku różnych wartości stosunku sygnał/szum zmieniając amplitudę szumu w generatorze **Generator01**. Zwrócić uwagę na konieczność zwiększania liczby uśrednień niezbędnej do określenia częstotliwości i amplitudy zaszumionego sygnału okresowego w miarę zmniejszania się stosunku sygnał/szum.
- 1.9. Ustawić parametry sygnałów z generatorów: **Generator00**: Sine 10 Hz 1V; **Generator01**: Noise 5V. W menu *Experiment/Experiment Setup* ustawić Sampling Rate/Ch = 1000,

uruchomić program i powtórzyć obserwacje. Zaobserwować efekt zniknięcia sygnału okresowego przy uśrednianiu niekoherentnym.

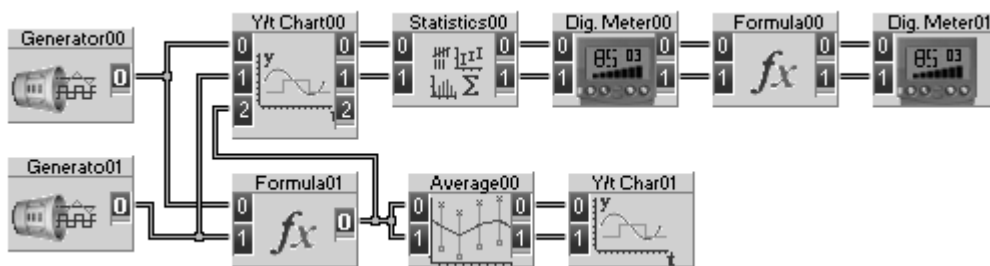
2. Uśrednianie próbek sygnału (sąsiednich wartości w jednej realizacji)

- 2.1. Zbudować układ według rysunku 3. Opcje modułów: **Generator00**: Noise, 5V; **Average00**: Arithmetic Mean, Running, Average Samples: 10; **Histogram00**: obydwie bloki: Class histogram, Decompose Range from -5,0 to below 5,0 into 80 bins, **Statistics00**: obydwie bloki: Standard Deviation, Running, **Formula00**: blok1: $\text{IN}(0)/\text{IN}(1)$, blok2: $20 \cdot \log(\text{IN}(0)/\text{IN}(1))$; **Dig.Meter00-01**: Last Value, **Y/tChart00-01**: Auto Scaling, Multiple Charts. Układ realizuje uśrednianie próbek na długości okna M (ustawianej w opcji Average Samples modułu **Average00**).
- 2.2. W menu programu *Experiment/Experiment Setup* ustawić Sample Rate/Ch = 20 kHz, Block Size = 20 000.



Rys. 3. Układ do badania zysku uśredniania próbek szumu

- 2.3. Uruchomić układ i zaobserwować zmiany przebiegu czasowego i histogramu sygnału uśrednionego przy wzroście długości okna uśredniającego np. do 30, 50, 100, 200, 500. Zarejestrować wybrane przebiegi dla kilku wartości M.
- 2.4. Dla kilkunastu wartości M z zakresu od 1 do 500 wyznaczyć i narysować zależności: odchylenie standardowe sygnału uśrednionego od M oraz zysk uśredniania (w dB) od M.
- 2.5. Dla wybranej wartości M w module **Average00** zmienić typ operacji uśredniania na Median a następnie na Quadratic Mean i zaobserwować różnice w przebiegu czasowym i histogramie sygnału uśrednionego w stosunku do opcji Arithmetic Mean.
- 2.6. Układ z rysunku 3 przebudować do postaci pokazanej na rys. 4. Nastawy modułów: **Generator00**: Sine 10 Hz, 4V; **Generator01**: Noise 1V; **Formula01**: $\text{IN}(0) + \text{IN}(1)$; **Average00**: blok 1: Arithmetic Mean, Running, Average Samples: 1; blok 2: Median, Running, Average Samples: 1; **Y/tChart00-01**: Auto Scaling, Multiple Charts. Opcje pozostałych modułów jak w punkcie 2.1. Układ realizuje uśrednianie M próbek zaszumionego przebiegu okresowego przy zastosowaniu średniej arytmetycznej i mediany.
- 2.7. W menu programu *Experiment/Experiment Setup* ustawić Sampling Rate/Ch = 1024 Hz, Block Size = 1024.



Rys. 4. Układ do uśredniania próbek sygnału przy zastosowaniu średniej arytmetycznej i mediany

- 2.8. Zmieniając długość okna uśredniającego M od 2 do 20 (opcja Average Samples modułu **Average00**, jednakowe nastawy dla obydwu bloków) ocenić na podstawie przebiegów efekt redukcji szumu przy zastosowaniu średniej arytmetycznej i mediany.
- 2.9. W module **Generator00** zmienić typ przebiegu na Square i zaobserwować efekty uśredniania dla długości okna M od 2 do 20.
- 2.10. Zmienić nastawy modułów **Generator00**: Sine 10 Hz, 4V; **Generator01**: Pulse 10 Hz, 20V i powtórzyć eksperyment z pkt. 2.8 zmieniając długości okna uśredniającego od 2 do 15. Porównać efektywność redukcji zakłócenia impulsowego dla obydwu zastosowanych metod uśredniania próbek.

IV. Pytania kontrolne

1. Przedstawić klasyfikację metod uśredniania sygnałów w dziedzinie czasu.
2. Wyjaśnić różnice w sposobie uśredniania w układach z rys. 1 i rys. 3.
3. Omówić zasadę uśredniania próbek z wykorzystaniem średniej ruchomej oraz wady i zalety tej metody.
4. Jak oblicza się zysk uśredniania próbek przy zastosowaniu ruchomej średniej arytmetycznej?
5. Omówić zasadę uśredniania próbek z wykorzystaniem mediany oraz wady i zalety tej metody uśredniania.
6. Jaki typ uśredniania w dziedzinie czasu należy zastosować do wykrywania sygnałów okresowych ukrytych w szumie i dlaczego?
7. Na czym polega uśrednianie koherentne sygnałów w dziedzinie czasu i kiedy może być zastosowane?
8. Kiedy uśrednianie niekoherentne może być przydatne w dziedzinie czasu i dlaczego?
9. Uśredniono 100 realizacji szumu o rozkładzie $N(0,8)$. Obliczyć zysk uśredniania i wartość skuteczną szumu po uśrednieniu.
10. Na przebieg sinusoidalny o zerowej średniej i amplitudzie 1,41V nałożony jest szum o rozkładzie $N(0,4)$. Dobrać typ uśredniania w dziedzinie czasu i liczbę uśrednień, aby uzyskać możliwość detekcji okresu sinusoidy i redukcję amplitudy szumu na poziomie 40 dB.

Literatura

1. Lyons R.G.: Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów. WKiŁ, Warszawa 2000.
2. Smith S.W.: Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Praktyczny przewodnik dla inżynierów i naukowców. Wyd. BTC, Warszawa 2007.
3. Hasse L. i in.: Sygnały przypadkowe, szумы. Wyd. Pol. Gdańskiej, 1998.
4. Bendat J.S., Piersol A.G.: Metody analizy i pomiaru sygnałów losowych. PWN, Warszawa 1976.