

ELEKTRONIKA W EKSPERYMENCIE FIZYCZNYM

D. B. Tefelski

Zakład VII Fizyki Jądrowej
Wydział Fizyki Politechnika Warszawska, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, PL

21 maja 2020

Wybrane techniki pomiarowe i techniki łączności radiowej



Plan prezentacji

- 1 Wstęp
 - Literatura
- 2 Przetwarzanie A/C i C/A
 - Przetworniki A/C i D/C
- 3 Komputerowe systemy pomiarowe
 - Interfejsy
 - Oprogramowanie sterujące
- 4 Łączność radiowa
 - Odbiorniki radiowe
 - Nadajniki radiowe
 - Anteny



Do przestudiowania



Sławomir Tumański

Technika pomiarowa

Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007



Waldemar Nawrocki

Komputerowe Systemy Pomiarowe

Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2002



Wiesław Tłaczała

Środowisko LabVIEW w eksperymencie wspomaganym komputerowo

Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002

Przyrządy pomiarowe

- Pomiary sygnałów stałych
- Pomiary sygnałów zmiennych
- Pomiary czasu
- Pomiary oscyloskopowe (oscyloskop analogowy, cyfrowy)
- Rejestratory
- Układy mostkowe
- Metody pomiaru kompensacyjne
- Metody pomiaru komparacyjne

Przetwarzanie analogowe a cyfrowe

Przykład filtrów

Przetworniki A/C

Aby przetwarzać dane pomiarowe w systemach komputerowych konieczne jest przetworzenie sygnału analogowego na postać cyfrową.

Służą do tego elementy zwane przetwornikami analogowo–cyfrowymi (A/D)

Przetwarzanie analogowo–cyfrowe obejmuje procesy:

- **Próbkowanie** – pobieranie próbek sygnału w określonych odstępach czasu
- **Kwantowanie** – przypisanie każdej próbce wartości ze skończonego zbioru obejmującego zakres pomiarowy.

Twierdzenie o próbkowaniu – przypomnienie

Przypomnienie: Twierdzenie Shannona-Kotielnikowa - o próbkowaniu.

Częstotliwość próbkowania sygnału „dolnopasmowego” o maksymalnej częstotliwości w składowych widmowych f_g powinna być nie mniejsza niż $2 \cdot f_g$. Częstotliwość f_g nazywana jest częstotliwością Nyquista.

Próbkowanie sygnału jest w ujęciu teorii sygnałów modulacją amplitudy. Falą nośną jest ciąg impulsów próbkujących a sygnałem modulującym jest badany sygnał.

Jeśli nie jest spełnione twierdzenie S-K, to pojawia się zjawisko „aliasing-u”.

Przetworniki A/C

Podstawowe parametry: rozdzielczość i częstotliwość próbkowania

Rodzaje przetworników A/C

- Całkujące (najpowolniejsze) – $f_{max} \approx 1kHz$ 10 – 20bit
- Delta-Sigma $f_{max} \approx 100kHz$ 14 – 24bit
- SAR (Successive Approximation Register) – przetwornik z kompensacją wagową $f_{max} \approx 1MHz$ 8 – 18bit
- Potokowe $f_{max} \approx 100MHz$ 10 – 16bit
- Flash (bezpośredniego kodowania) $f_{max} > 100MHz$ max 10 bit

Przetworniki C/A

Podstawowe parametry:

- **Rozdzielczość przetwarzania** – podawana w bitach zapewniających pełne zakodowanie N skwantowanych stanów. Rozdzielczość bezwzględna: $\Delta U_r = \frac{U_{max} - U_{min}}{N} = \frac{U_{max} - U_{min}}{2^n}$
Przykład: 16bit przetwornik o maks. napięciu wyjściowym 5V ma rozdzielczość: $76,3 \mu V$.
- **Dokładność przetwornika** – określone poprzez błąd bezwzględny ΔU_b – podawany często jako LSB (Least Significant Bits) lub względny (różnica między wartością rzeczywistą sygnału a idealną). $\sigma = \frac{\Delta U_b}{U_{max} - U_{min}}$

Przetworniki C/A ...

Podstawowe parametry 2:

- **Czas ustalania** – czas od zmiany sygnału cyfrowego na wejściu do ustalenia się wartości analogowej na wyjściu – podawane w *ns* albo μs
- **Częstotliwość przetwarzania c/a**
- **Stosunek sygnału do szumu SNR** (Signal to Noise Ratio)

Typy przetworników C/A:

- Z rezystancyjnym dzielnikiem napięcia lub prądu
- Ze zmiennym współczynnikiem wypełnienia ciągu impulsów

Interfejsy

- RS232C (Recommended Standard 232)
- RS485 (Recommended Standard 485)
- GPIB (General Purpose Interface BUS) (IEEE-488)
- USB (Universal Serial Bus), FireWire (IEEE-1394)
- CAN (Controller Area Network)
- I^2C (Inter-Integrated Circuit)
- SPI (Serial Peripheral Interface)
- CAMAC (Computer Automated Measurement and Control)
- PXI (PCI Extensions for Instrumentation)
- VXI (VME Extensions for Instrumentation)

Łączy

Przewodowe:

- Szeregowe RS232C / RS485
- Ethernet – kable RJ-45
- Łączy światłowodowe

Bezprzewodowe:

- WIFI (Wireless Fidelity)
- GSM – telefonia komórkowa
- Bluetooth
- ZigBee
- Modemy radiowe

Programowanie przyrządów

Uniwersalny język programowania przyrządów:

SCPI – Standard Commands for Programmable Instruments

Przykład: : MEASure:VOLTage:AC? 20, 0.001

- : – oznacza początek nowej komendy
- MEAS:VOLT:AC - oznacza pomiar napięcia prądu zmiennego
- ? – oznacza żądanie przysłania zmierzonej wartości do komputera
- 20, 0.001 – oznacza zakres 20V i rozdzielczość 1mV

Wystarczy wysyłać skrócone wersje komend

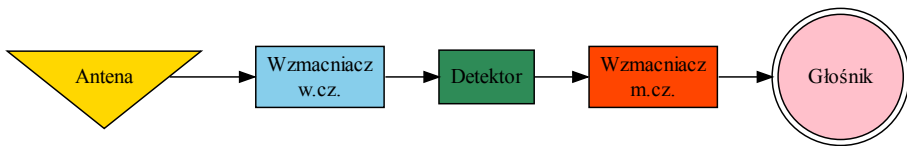
Wirtualne przyrządy pomiarowe

- Oprogramowanie systemu pomiarowego – to co potrzebuje użytkownik
- National Instruments LabVIEW
- Agilent VEE Pro
- Keithley TestPoint

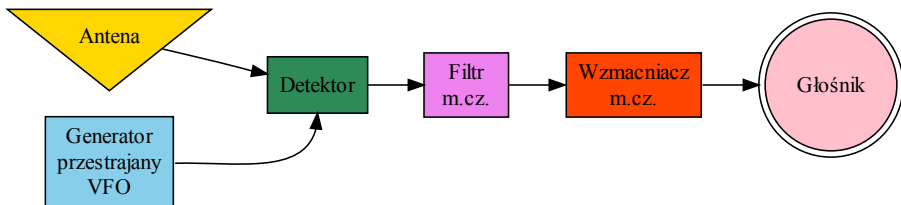
Łączność radiowa



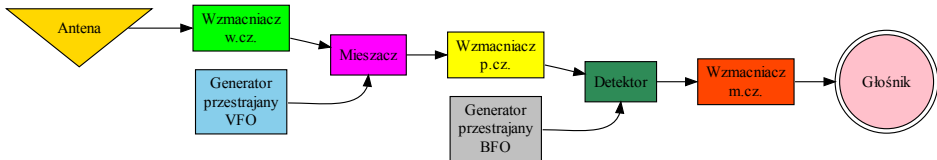
Odbiornik o bezpośrednim wzmacnieniu



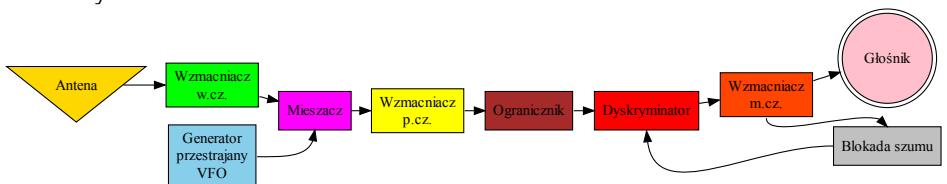
Odbiornik o bezpośredniej przemianie częstotliwości (homodyna)



Rys. Odbiornik z pojedynczą przemianą częstotliwości (superheterodyna)



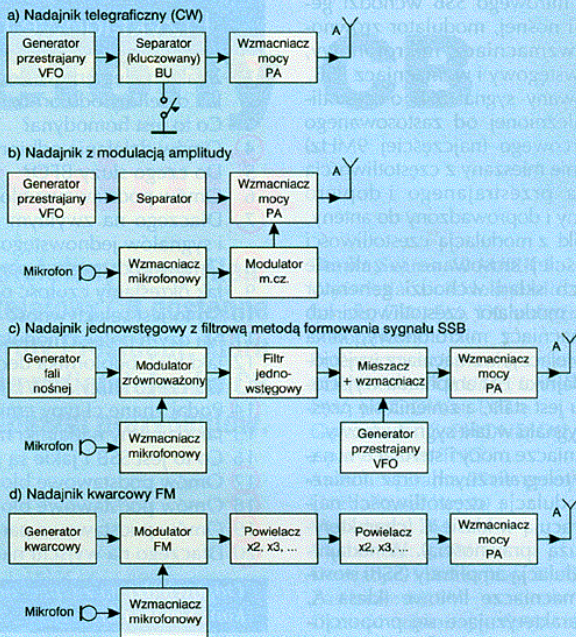
Rys. Odbiornik FM



Podstawowe parametry odbiorników

- **Czułość** – zdolność odbiornika do odbioru słabych sygnałów elektrycznych. Jest to napięcie sygnału w.cz. na wejściu odbiornika, dające na wyjściu odpowiednią moc m.cz. przy określonym stosunku sygnału do szumu. Np. dobrej klasy odbiornik ma czułość lepszą niż $1\mu V$ dla $10dB(S + S/N)$
- **Selektywność** – zdolność wydzielenia sygnału o żądanej częstotliwości spośród innych sygnałów. Miarą jest wartość tłumienia sygnałów niepożądanych oddalonych np. o 10kHz od sygnału użytecznego.
- **Odporność na modulację skrośną i zakłócenia intermodulacyjne** – zdolność do odbioru słabych sygnałów w bliskim sąsiedztwie silnych sygnałów.
- **Stabilność** – zdolność do odbioru przez długi czas zadanej częstotliwości odbioru.

Nadajniki radiowe



Rys. 3.

Parametry nadajników

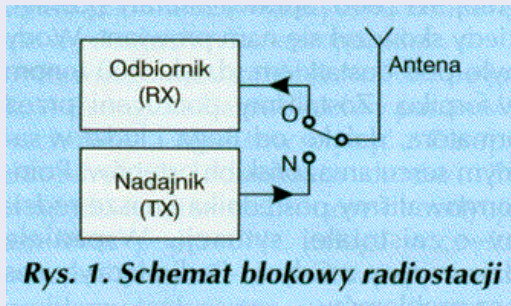
- **Częstotliwość pracy (kHz, MHz, GHz)**
- **Niestałość częstotliwości ($\pm Hz/h$)** – zmiany częstotliwości z powodu niedoskonałości generatora (VFO – Variable Frequency Oscillator). Zmiany zależne od temperatury, wilgotności, napięcia zasilania...
- **Rodzaj emisji wraz z jej parametrami**
- **Szerokość zajmowanego pasma (Hz, kHz)**
- **Moc wyjściowa (W)**

Transceivers

Połączenie nadajnika i odbiornika:

Transmitter + Receiver = Transceiver

Transceiver'y wykorzystują wiele bloków wspólnie do nadawania i odbioru.



Rys. 1. Schemat blokowy radiostacji

Anteny

Def. Antena – urządzenie służące do zamiany fal E.M. na napięcie w.cz. albo odwrotnie – służącą do zamiany napięcia w.cz. na falę E.M.

Budowa:

- Promiennik (radiator) – część promieniująca
- Linia zasilająca (fider) – kabel antenowy
- Układ dopasowania anteny do nadajnika

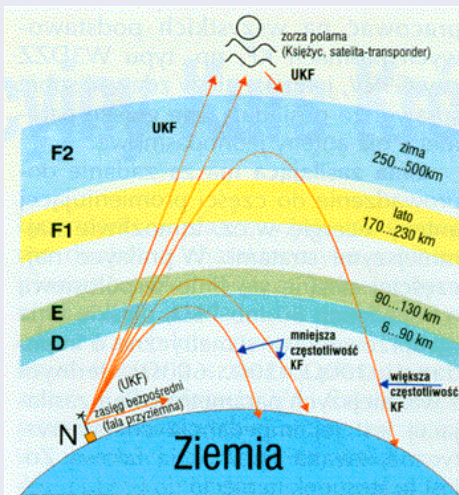
Anteny

Anteny dzieli się na:

- **pionowe** – ground plane (GP)
- **poziome** – dipol, Yagi ..

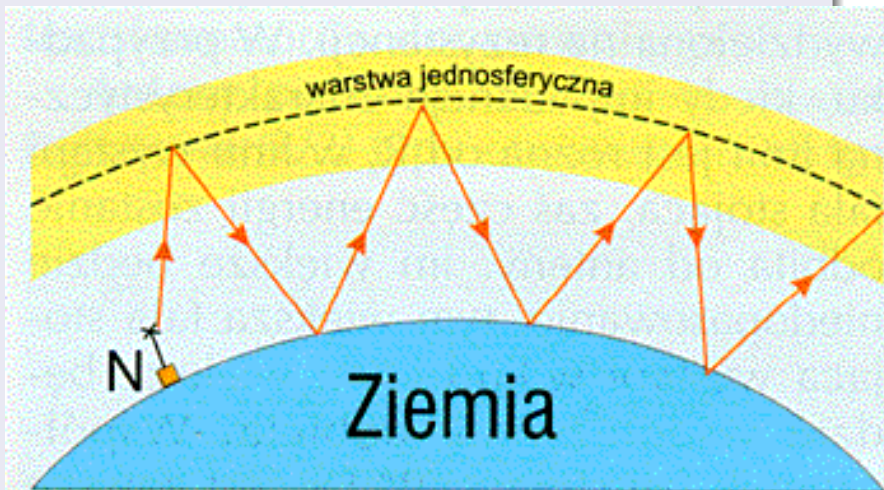
Przykłady: MMANA-GAL

Propagacja fal



Rys. 3. Drogi fal UKF w warstwach atmosfery ziemskiej

Propagacja fal



Rys. 4 Odbicie od jonosfery

Krótkofalarstwo



Wstęp
0000

Przetwarzanie A/C i C/A
00000

Komputerowe systemy pomiarowe
0000

Łączność radiowa
0000000000000000●00

Anteny



Joseph Taylor - astrofizyk, laureat nagrody Nobla w 1993r.



Krótkofalowiec, znak K1JT



Dziękuję za uwagę!

Vy! 73 de SQ5NBN

