

# Pytania kierunkowe

## 1. Widmo sygnału analogowego (podstawowo-pasmowego i pasmowego) a twierdzenie o próbkowaniu.

Widmo sygnału jest to reprezentacja sygnału w dziedzinie częstotliwości, wyznaczana najczęściej z transformacji Fouriera. Aby sygnał był użyteczny w technice cyfrowej musi zostać zdyskretyzowany, a więc konieczne jest jego próbkowanie oraz kwantyzacja, a widmo wyznacza się wtedy z DFT (w praktyce FFT).

Próbkowanie jest procesem konwersji sygnału analogowego (o czasie ciągłym) do postaci próbek pobieranych w równomiernych odstępach czasu (zwanym okresem próbkowania  $T$ ).

Twierdzenie Nyquista o próbkowaniu sygnału mówi nam, że jeżeli sygnał analogowy  $x_a(t)$  jest ograniczony pasmowo (ma ograniczoną pasmowo transformatę Fouriera) to sygnał może być bezbłędnie i jednoznacznie zrekonstruowany na podstawie ciągu równomiernie rozłożonych próbek:

$$x[n] = x_a(n \cdot T_s), \quad n \in \mathbb{Z}$$

jeżeli:

$$F_s = 1/T_s \geq 2F_{\max}$$

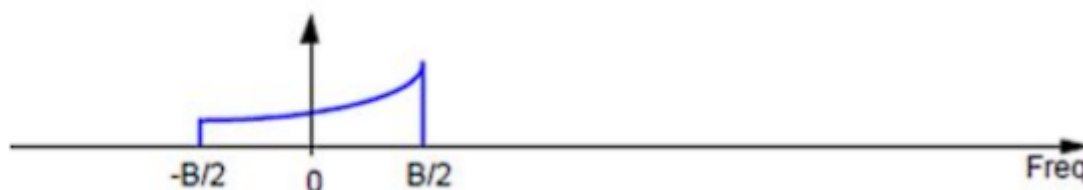
$F_s$  - częstotliwość próbkowania,

$F_{\max}$  - częstotliwość górna sygnału,

Częstotliwość Nyquista - połowa  $F_s$

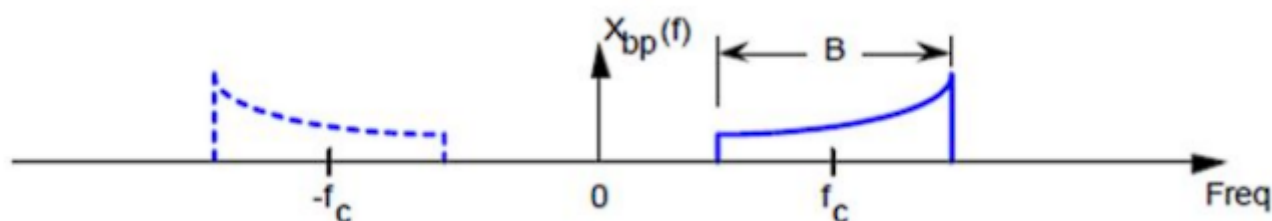
Z właściwości transformaty Fouriera wiadomo, że widmo sygnału dyskretnego jest okresowe (co  $f_s$  się powtarza). A więc jeżeli się próbkuje sygnał z częstotliwością niższą od częstotliwości Nyquista zajdzie zjawisko aliasingu i wynikowo widma zaczną na siebie zachodzić.

Sygnał analogowy podstawowo-pasmowy jest sygnałem ograniczonym pasmowo o widmie ulokowanym wokół częstotliwości zerowej. Widmo w funkcji częstotliwości:



A więc żeby próbować sygnał podstawowo-pasmowy wystarczy zastosować twierdzenie Nyquista o próbkowaniu sygnałów.

Sygnał pasmowy jest to sygnał o ograniczonym widmie ulokowanym wokół częstotliwości  $+f$ . Widmo w funkcji częstotliwości:



Zastosowania twierdzenia Nyquista o próbkowaniu sygnałów dla tego sygnału jest nieefektywne. W przypadku takich sygnałów możliwe jest takie dobranie szybkości próbkowania mniejszej od szybkości Nyquista, które zapewnia zachowanie nie zniekształconego widma sygnału przesuniętego jedynie w dziedzinie częstotliwości i w niektórych przypadkach widmie odwróconym w częstotliwości. Wynika to z faktu, że podczas podpróbkowania zachodzi zjawisko aliasingu, czyli sygnały "podszywają się" pod sygnały o innych częstotliwościach. Takie próbkowanie sygnału nazywa się podpróbkowaniem.

Różnica względem twierdzenia o próbkowaniu Nyquista jest taka, że:

$$F_s > 2B$$

$B$  - pasmo sygnału

Dodatkowo  $F_s$  nie może być dowolne, występują dopuszczalne pasma próbkowania. W wyniku podpróbkowania w dopuszczalnych pasmach próbkowania uzyskuje się widmo odwrócone w częstotliwości bądź widmo bez odwrócenia. Jeśli do podpróbkowania zostanie wybrana częstotliwość spoza dopuszczalnego pasma to zajdzie zachodzenie się na siebie widm sygnału.

Jak dobrać  $F_s$  nie znając wzorów, które wyznaczają dopuszczalne pasma próbkowania: Jeżeli pasmo  $B$  mieści się całkowitą ilość razy w częstotliwości  $f_H$  (iloraz  $f_H/B$  jest liczbą naturalną), to minimalną szybkością próbkowania przy której nie zajdzie zniekształcenia jest  $f_s = 2B$

Jeżeli jednak pasmo  $B$  nie mieści się całkowitą liczbę razy w  $f_H$  (iloraz  $f_H/B$  nie jest liczbą naturalną), to wartość  $B$  należy zwiększyć do takiej najbliższej wartości  $B'$ , która mieści się całkowitą ilość razy w  $f_H$ . Wtedy minimalną szybkością próbkowania, przy której nie zajdzie zniekształcenia aliasowe to  $f_s = 2B'$ . W ten sposób "ogony" replik nie tylko nie nachodzą na siebie, ale istnieje również zapas równy  $2(B' - B)$ .

## 2. Widmo sygnału dyskretnego i transformacje (DTFT, DFT, FFT) służące do obliczania tego widma oraz powiązania tych transformat.

Sygnał dyskretny - sygnał, który powstał w wyniku dyskretyzacji (próbkowania) sygnału ciągłego (analogowego) DTFT (Discrete Time Fourier Transform) - dyskretno-czasowe przekształcenie Fouriera DFT (Discrete Fourier Transform) - dyskretnie przekształcenie Fouriera FFT (Fast Fourier Transform) - szybkie przekształcenie Fouriera

DTFT:

- operujemy dyskretnym czasem i ciągłą częstotliwością,
- sygnał o nieskończonej liczbie próbek

$$X(e^{j\omega T_s}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT_s)e^{-jn\omega T_s},$$

- $\omega$  – pulsacja ( $2\pi F_p/F$ ),
- $n$  – indeks (numer) próbki,
- widmo amplitudowe -  $|X(e^{j\omega})|$ ,
- widmo fazowe –  $\arg X(e^{j\omega})$ .

DFT:

- operujemy dyskretnym czasem i dyskretną częstotliwością,
- sygnał o skończonej liczbie próbek  $N$

$$X(e^{j\omega}) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-jn\omega},$$

- $\omega$  – pulsacja ( $2\pi k/N$ ),
- $n$  – indeks (numer) próbki,

FFT:

- transformacja dająca wynik identyczny jak DFT,
- opracowana ze względu na złożoność obliczeniową DFT,
- dokonuje się zmiany kolejności próbek, dzieląc je rekurencyjnie na próbki o indeksach parzystych i nieparzystych, aż do uzyskania zbiorów dwuelementowych,
- wykonuje się serie  $N/2$  dwupunktowych DFT,
- składa się widma dwuprzędkowe w widma czteroprzędkowe, czteroprzędkowe w ośmioprzędkowe itd., aż do momentu odtworzenia widma  $N$ -przędkowego, czyli widma całego sygnału.
- dla  $N=1024$
- DFT:  $N^2=1048676$  mnożeń
- FFT:  $2(N/2)^2=N^2/2=524288$  mnożeń

**Powiązania transformat DFT i DTFT:**

$$X[k] = X(e^{j\omega}) \big|_{\omega=\omega_k=\frac{2\pi}{N}k}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1$$

**3. Twierdzenia Schannona i ich interpretacje.**

### I. Twierdzenie Shannona o próbkowaniu

Sygnał analogowy, którego widmo jest ograniczone ( $X(j\omega)=0$  dla  $|\omega|>\omega_{MAX}$ ) można jednoznacznie (bez zniekształceń) odtworzyć z postaci dyskretnej, jeżeli próbkowanie tego sygnału odbywa się z częstotliwością  $f_s$  co najmniej dwukrotnie większą od maksymalnej częstotliwości  $f_{MAX}$  występującej w widmie tego sygnału:

$$f_s \geq 2f_{max}$$

Widmo sygnału spróbkowanego składa się z kopii widma tego sygnału oddalonych od siebie o odległość równą częstotliwości próbkowania  $f_s$ . Jeżeli powyższa nierówność nie zostanie spełniona ( $f_s$  będzie za mała), to kopie widma będą się na siebie nakładać i powstaną zniekształcenia nazywane zniekształceniami aliasowymi, co może doprowadzić do błędnego odtworzenia sygnału analogowego. Aby uniknąć tych zniekształceń, należy zwiększyć  $f_s$  lub zastosować filtr antyaliasowy, który obcina widmo sygnału użytecznego i towarzyszących mu szumów oraz zakłóceń do połowy  $f_s$ .

Do próbkowania wykorzystywany jest sygnał nazywany dystrybucją grzebieniową, sygnał ten jest nieskończonym ciągiem impulsów Diraca. Próbkowanie polega na wymnożeniu ciągłego  $x(t)$  przez dystrybucję grzebieniową, co odpowiada operacji splotu w dziedzinie częstotliwości.

### II. Twierdzenie Shannona o przepustowości kanału informacyjnego

Przepustowość informacyjna kanału  $C$  o paśmie przenoszenia  $W$  [Hz], w którym występuje addytywny biały szum gaussowski określa się wzorem:

$$C = W \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \text{ [b/s]}$$

gdzie  $S$  jest mocą sygnału odbieranego i  $S=E_b \cdot R$ , a  $N$  jest mocą szumu i  $N=N_0 \cdot W$ , ( $S/N$  jest w skali liniowej)

$E_b$  - energia przypadająca na pojedynczy bit

$R$  - przepływność informacji (szybkość transmisji)

$N_0$  - widmowa gęstość mocy szumu

Przez kanał o paśmie  $W$  można przesyłać sygnały o średniej mocy  $S$  z dowolną prędkością  $R \leq C$  i dowolnie małą stopą błędów, jeżeli zastosuje się dostatecznie złożone kodowanie. Inaczej: teoria Shannona pokazuje, że przy wystarczająco zaawansowanej technice kodowania jesteśmy w stanie przesyłać informację z przepływnością  $R$  nie większą od  $C$  przy dowolnie małej stopie błędów.

Istnieje jednak granica (granica Shannona) na stosunek  $E_b/N_0$ , poniżej której nie da się już zrealizować transmisji z dowolnie małą stopą błędów:

$$\frac{E_b}{N_0} = -1,59 \text{ dB}$$

Granice tę otrzymuje się na podstawie nierówności:

$$R \leq W \log_2 \left( 1 + \frac{E_b R}{N_0 W} \right)$$

Jeżeli narysuje się wykres wydajności widmowej w funkcji  $E_b/N_0$ , to można zaobserwować, że  $E_b/N_0$  dąży asymptotycznie do wartości -1,59 dB. Wydajność widmowa  $R/W$  [bit/s/Hz] to liczba bit/s, którą jesteśmy w stanie przesłać w jednostkowym paśmie częstotliwości.

Poza tym, zgodnie z twierdzeniem Shannona, przepustowość kanału wzrasta przy wzroście szerokości pasma kanału bez konieczności zwiększania mocy sygnału. Jednak przy zwiększaniu pasma do nieskończoności przepustowość nie będzie nieskończona, ponieważ wzrost szerokości pasma powoduje wzrost mocy szumów.

$$C_{\infty} = \lim_{W \rightarrow \infty} C = \frac{S}{N_0} \log_2 e = 1,44 \frac{S}{N_0}$$

To daje największą możliwą przepływność systemu przy zadanej mocy sygnału, ale nieograniczonym paśmie.

Teoretycznie przy braku szumów, czyli gdy S/N dąży do nieskończoności, możliwe jest uzyskanie nieskończonej przepływności niezależnie od pasma, ale nie jest możliwe dowolne zwiększenie S/N poprzez zwiększanie mocy. Poza tym takie zwiększanie mocy może doprowadzić do przesłuchów innych kanałów.

### III. Twierdzenie Shannona o kodowaniu źródłowym

Kodowanie źródłowe polega na zapisaniu symboli wyjściowych dyskretnego źródła informacji w postaci ciągu symboli binarnych. Średnią ilość informacji przypadającą na pojedynczą wiadomość generowaną przez dyskretne źródło bezpamięciowe nazywamy entropią tego źródła  $H(X)$ .

$$H(X) = - \sum_i P(X = x_i) \log_2 P(X = x_i)$$

Czym mniejsze jest prawdopodobieństwo wystąpienia wiadomości, tym większa ilość informacji w niej zawarta.

Niniejsze twierdzenie mówi, że jeżeli źródło dyskretne stacjonarne generuje ciągi N symboli z entropią  $H_N$  [bit/symbol], to istnieje sposób jednoznacznego przyporządkowania ciągom tych symboli ciągów binarnych takich, że średnia długość ciągów kodowych  $R_N$  przypadająca na kodowany symbol spełnia ograniczenia:

$$H_N(X) \leq R_N < H_N(X) + \frac{1}{N}$$

Średnia entropia na symbol w grupie N symboli wyraża się jako entropia łączna tych symboli podzielona przez ich liczbę. Dla źródła dyskretnego bezpamięciowego  $H_N(X) = H(X)$ , gdyż wiadomości generowane są niezależnie ( $N=1$ , koduje się pojedyncze symbole):

$$H(X) \leq R_1 < H(X) + 1$$

Wniosek: nie istnieje jednoznacznie dekodowalny kod dla źródła o entropii  $H(X)$ , dla którego średnia długość ciągu kodowego jest mniejsza od  $H(X)$ . Kod idealny dla kodowania wiadomości to kod, w którym średnia długość ciągu kodowego (w przeliczeniu na pojedynczy symbol) jest równa entropii źródła. Sprawność koderów wynosi wtedy 100%.

$$\eta = \frac{H_N}{R_N}$$

## 4. Usługi w sieci telekomunikacyjnej - klasyfikacja, charakterystyki, jakość usług.

Usługa telekomunikacyjna - przesyłanie na odległość informacji (w postaci mowy, muzyki, znaków, pisma, rysunków, fotografii, obrazów, danych, itp.) za pomocą sygnałów elektrycznych, optycznych lub radiowych. Świadczona każdorazowo przez operatora (dzięki jego urządzeniom i organizacji) na rzecz użytkowników i na ich żądanie. Usługi telekomunikacyjne można podzielić na usługi podstawowe (ang. basic services), usługi dodatkowe (ang. supplementary services) i usługi dodane. Usługi podstawowe i dodatkowe są opisane w specyfikacji standardu, na którym oparta jest sieć.

### Usługi podstawowe:

- teleusługi (ang. teleservices) - usługi umożliwiające zestawienie pewnych, zdefiniowanych dla danego standardu sieci, połączeń (np. zwykłe połączenie telefoniczne, połączenie alarmowe, wysyłanie wiadomości SMS) i zapewniają w tym celu współpracę różnych elementów sieciowych i terminali końcowych.
- usługi przenoszenia (bearer services) - zapewniające transport informacji pomiędzy punktami dostępowymi sieci

Usługi dodatkowe - rozszerzają możliwości usług podstawowych. Przykładem może być możliwość ustawienia przekierowania na inny numer gdy abonent nie odpowiada, zestawienia telekonferencji lub ustawienie identyfikacji numeru dzwoniącego.

Usługi dodana - usługi nie objęte specyfikacją dla standardu, na którym oparta jest sieć. Mogą one kontrolować usługi objęte specyfikacją, bądź wykorzystywać je dla dostarczenia abonentowi dodatkowych treści i możliwości co poszerzy ofertę operatora na tle rybku. Usługi kontrolujące usługi podstawowe, oparte są zwykle o platformę sieci inteligentnych np. serwis prepaid, który kontroluje ilość środków na koncie abonenta i może w każdej chwili zakończyć połączenie lub transmisję danych. Przykładem usług, które wykorzystują usługi podstawowe dla zaoferowania informacji lub możliwości nie objętych specyfikacją sieci mogą być: umożliwienie abonentom wysyłania MMS, głosowania za pomocą SMS, nagrywania i odsłuchiwanie poczty głosowej lub tzw. VoD (ang.Video on Demand).

### Inne sposoby specyfikacji:

- ze względu na wymagane łącza:
  - usługi połączeniowe wymagające stworzenia kanału logicznego dla stałego połączenia na czas realizacji usługi
  - usługi bezpołączeniowe (nie wymagające stworzenia kanału)
- z punktu widzenia abonenta:
  - usługi interaktywne: konwersacyjne (dwukierunkowa wymiana informacji w czasie rzeczywistym: telefonia, wideotelefonia), przekazywanie wiadomości (dwukierunkowa wymiana informacji), wyszukiwanie/dostęp do informacji (przesyłanie do użytkownika, na jego żądanie, informacji wcześniej zgromadzonych)
  - usługi dystrybucyjne (rozsiewcze): jedokierunkowe rozprowadzanie informacji do wielu użytkowników (użytkownik nie ma wpływu na szybkość i czas przesyłania danych ani treści), usług z/bez możliwości indywidualnego sterowania prezentacją (telegazeta, telewizja programowa)

### Jakość usług:

- GoS (Grade of Service) - poziom świadczonych usług - określa pewne parametry (związane z inżynierią ruchu), których wartości umożliwiają odpowiedź na pytanie o wystarczalności posiadanych zasobów (przy ustalonych założeniach, co do panujących warunków). Parametrami GoS przykładowo są: prawdopodobieństwo nieuzyskania usługi, prawdopodobieństwo strat zgłoszenia, czy prawdopodobieństwo zajęcia wszystkich zasobów, które wynikają z faktu, że zdolność obsługi sieci/elementów sieci jest ograniczona i nie zawsze może sprostać istniejącemu zapotrzebowaniu ruchowemu.
- QoS (Quality of Service) - zbiór mechanizmów, które mają zapewnić dostarczenie przewidywalnego poziomu jakości usług sieciowych, poprzez zapewnienie określonych parametrów transmisji danych, w



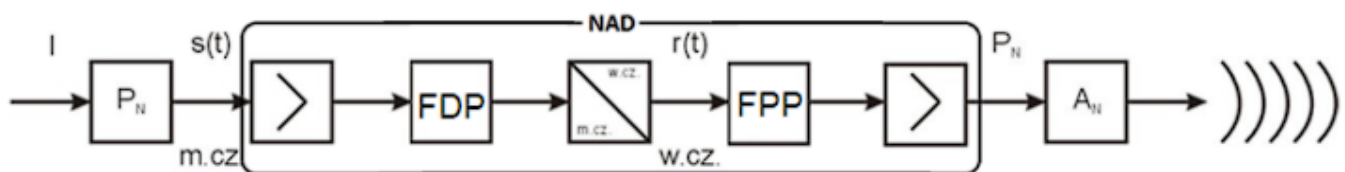
celu osiągnięcia satysfakcji użytkownika. Gwarantowana jakość usługi jest to zestaw technologii zapewniających odpowiedni (przewidywalny) poziom usług w kontekście przepustowości, opóźnienia i zmienności opóźnienia (ang. jitter).

Przykładowe mechanizmy zapewniające jakość usług polegają na:

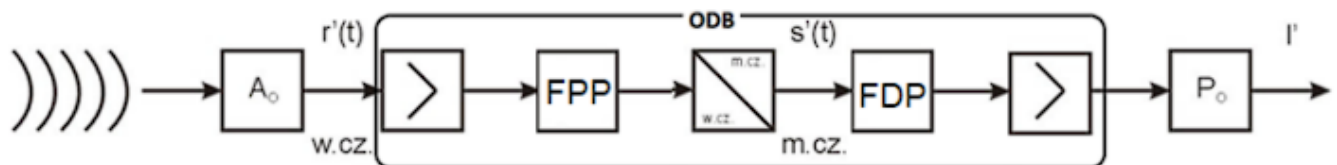
- kształtowaniu i ograniczaniu przepustowości
- zapewnianiu sprawiedliwego dostępu do zasobów
- nadawaniu odpowiednich priorytetów poszczególnym pakietom
- zarządzaniu opóźnieniami w przesyłaniu danych
- unikaniu przeciążeń

## 5. Narysuj schemat blokowy i omów działanie łącza radiowego.

Łącze radiowe - zestaw urządzeń służący do przesyłania i odbierania sygnału radiowego oraz środowisko propagacji, służy do nadawania i odbierania informacji za pośrednictwem fal radiowych, na wyjściu części odbiorczej nigdy nie pojawi się w 100% ta sama informacja, która została wprowadzona na wejście części nadawczej, działa poprawnie, gdy informacja jest odtwarzana z dostatecznie wymaganą dokładnością, określoną w systemach analogowych jako stosunek natężenia sygnału do natężenia szumu (S/N) na wyjściu odbiornika, a w systemach cyfrowych poprzez  $P_b$ .



Nadajnik: Informacja  $I$  (np. ludzki głos) jest wprowadzana do przetwornika nadawczego  $P_N$  i przetwarzana na sygnał elektryczny  $s(t)$  o małej częstotliwości i bardzo niskiej mocy. Wzmacniaczem małej częstotliwości nadaje sygnałowi  $s(t)$  poziom energetyczny pozwalający na przeniesienie go w pasmo wysokich częstotliwości i następnie po przejściu przez filtr dolnoprzepustowy wprowadza do przetwornika małych częstotliwości na wysokie częstotliwości, gdzie powstaje sygnał radiowy  $r(t)$  o wysokiej częstotliwości. Następnie sygnał przechodzi przez filtr pasmowoprzepustowy. Jego poziom energetyczny jest zbyt niski by mógł być bezpośrednio wypromieniowany do środowiska propagacji, więc wzmacniacz wysokiej częstotliwości nadaje mu odpowiednią moc  $P_N$  i poprzez antenę nadawczą  $A_N$  sygnał jest wysyłany w świat.



Odbiornik: Sygnał w postaci fali elektromagnetycznej jest odbierany ze środowiska propagacji przez antenę odbiorczą  $A_O$ , w wyniku czego powstaje sygnał radiowy  $r'(t)$  o wysokiej częstotliwości (nieco zmieniony w stosunku do oryginalnego sygnału  $r(t)$  przez zjawiska występujące w środowisku propagacji). Ze względu na odległość pomiędzy częścią odbiorczą a nadawczą łącza, sygnał  $r'(t)$  ma niską moc, tymczasem dla poprawnego działania modułu przenoszącego sygnał w pasmo małych częstotliwości moc ta musi być odpowiednio wysoka. Zapewnia to wzmacniacz wysokiej częstotliwości. Sygnał przechodzi przez filtr pasmowoprzepustowy następnie przechodzi przez przetwornik częstotliwości. Sygnał podstawowy  $s'(t)$  o

małej częstotliwości i mocy, który następnie przechodzi przez filtr dolnoprzepustowy. Poziom energetyczny potrzebny do poprawnej pracy przetwornika odbiorczego  $P_o$  uzyskuje się we wzmacniaczu małej częstotliwości. Na wyjściu ostatniego modułu pojawia się informacja I'.

Środowisko propagacji: Ogólny przypadek: powietrze, nie zawsze przewidywalne warunki, zjawiska zachodzące w środowisku: rozproszenie sygnału radiowego (malejąca wartość powierzchniowej gęstości mocy fali wraz z kwadratem odległości), tłumienie sygnału radiowego (rośnie między innymi wraz z częstotliwością i wilgotnością), zakłócenie sygnału (inne sygnały radiowe), wielodrogowość (zaniki sygnału w punkcie odbioru).

## 6. Omów podstawowe parametry elektryczne anteny.

Antena - urządzenie elektryczne, które transformuje falę doprowadzoną w falę przestrzenną, zazwyczaj jest używana jako nadajnik lub odbiornik w komunikacji radiowej. Antena izotropowa to hipotetyczna antena, której promieniowanie (gęstość powierzchniowa mocy) nie zależy od kierunku.

Parametry elektryczne - możemy je podzielić na obwodowe (opisujące współpracę anteny z częścią przewodową) i polowe (opisujące współpracę anteny z częścią bezprzewodową - środowiskiem propagacji). Do parametrów elektrycznych anteny możemy zaliczyć: charakterystykę promieniowania, zysk anteny, impedancję anteny, sprawność anteny, polaryzację oraz pasmo.

Charakterystyka promieniowania - obrazuje w jaki sposób antena promieniuje energię w zależności o kierunku, przedstawia unormowany rozkład pola elektrycznego lub też względny rozkład gęstości powierzchniowej mocy. Jest wyznaczana w dwóch płaszczyznach: pionowej i poziomej (mogą być też przedstawione w postaci trójwymiarowej), jest normalizowana i podawana w mierze decybelowej, na jej podstawie można określić kierunek i poziom wiązki głównej, wiązek bocznych i wstecznych.

Zysk anteny - pozwala określić zdolność do kierunkowego wypromieniowania energii przez daną antenę w porównaniu do anteny wzorcowej. Informuje nas ile razy moc promieniowana przez antenę w kierunku maksymalnego promieniowania jest większa od mocy anteny wzorcowej. Jeśli nie jest zaznaczone względem czego jest liczony zysk anteny, to jest on liczony w odniesieniu do anteny izotropowej. Zależy od kierunkowości oraz od strat magnetycznych anteny wynikających z materiału zastosowanego do budowy.

Impedancja anteny - obciążenie jakie przedstawia antena dla generatora sygnału. Zależy od geometrii anteny oraz od częstotliwości. Wpływa na nią obecność innych anten oraz obiektów znajdujących się w pobliżu. Z punktu widzenia sprawności układu wymagane jest, aby wszystkie elementy toru transmisyjnego miały tę samą impedancję. Tylko wtedy nastąpi przekazanie prawie całej energii z urządzenia do anteny i jej wypromieniowanie (należy pamiętać o tym, że kable i złącza też mają pewne tłumienie). W skrajnych przypadkach duże niedopasowanie może skutkować uszkodzeniem urządzeń nadawczych. W radiokomunikacji standardowo stosuje się urządzenia o impedancji 50 Ohm.

Sprawność anteny - stosunek mocy wypromieniowanej do mocy doprowadzonej do generatora. Stosunek maksymalnego zysku energetycznego do kierunkowości. Idealna antena wypromieniowuje całą moc, ale w antenie rzeczywistej część mocy jest tracona. Straty te są skutkiem niedopasowania anteny do linii zasilającej oraz strat cieplnych w rezystancji rzeczywistej elementów anteny.

Polaryzacja - drgania fal elektromagnetycznych odbywają się w ściśle określonych płaszczyznach. Fale elektromagnetyczne mogą drgać zarówno w płaszczyźnie pionowej jak i poziomej. Gdy drgają tylko w jednej płaszczyźnie mówimy o polaryzacji liniowej (pionowej lub poziomej). Gdy drgają w obu płaszczyznach mówimy o polaryzacji kołowej lub eliptycznej (prawo- lub lewoskrętnej).



Pasma - zakres częstotliwości w którym antena zachowuje nominalne parametry. Przy wyznaczaniu pasma pracy najważniejsze jest dopasowanie i w nieco mniejszym stopniu zysk oraz charakterystyka. Dość często dopasowanie i inne parametry anteny są zachowane w szerszym zakresie niż jest to podawane.

## 7. Budowa i właściwości wzmacniaczy tranzystorowych.

Wzmacniacz tranzystorowy - podstawowy element (układ) wzmacniający, stosowany obecnie w układach elektronicznych. Działa na zasadzie sterowania przepływem ładunku. Dzielą się na tranzystory bipolarne i unipolarne (polowe). Tranzystory bipolarne sterowane są prądowo, a polowe - napięciowo. Tranzystor bipolarny pracuje w zakresie aktywnym (złącze emiterowe jest w stanie przewodzenia, a kolektorowe w stanie zaporowym). Tranzystor polowy pracuje w zakresie nasycenia. Powszechnie stosowane są wzmacniacze tranzystorowe pod postacią wzmacniaczy operacyjnych, selektywnych, szerokopasmowych czy też wzmacniaczy mocy.

Tranzystor bipolarny:

- wspólny emiter (CE)
- wspólna baza (CB)
- wspólny kolektor (CC)

Tranzystor polowy:

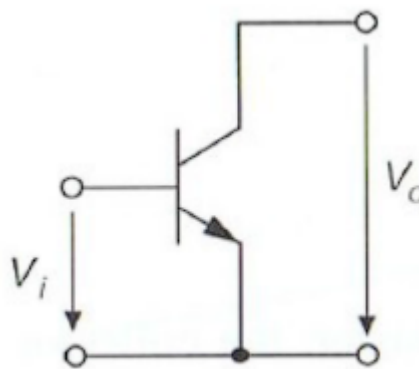
- wspólne źródło (CS)
- wspólna bramka (CG)
- wspólny dren (CD)

Wymienione wyżej konfiguracje tworzą tzw. jednotranzystorowe wzmacniacze. Łącząc zalety poszczególnych konfiguracji można uzyskać następujące połączenia (wzmacniacze szerokopasmowe):

- połączenie CC-CB tworzy tzw. wzmacniacz różnicowy
- połączenie CE-CB tworzy tzw. kaskadę

Wspólny emiter (CE):

- najczęściej stosowana z konfiguracji
- wzmacniane napięcie sygnału wejściowego podawane jest pomiędzy bazę a emiter
- sygnał po wzmocnieniu odbierany jest pomiędzy kolektorem a emiterym
- emiter jest "wspólny" dla sygnału wejściowego i wyjściowego
- duże wzmocnienie prądowe
- duże wzmocnienie mocy
- napięcie wyjściowe odwrócone jest w fazie o 180 stopni w stosunku do napięcia wejściowego
- rezystancja wejściowa jest rzędu kilkuset Ohm
- duża rezystancja wyjściowa

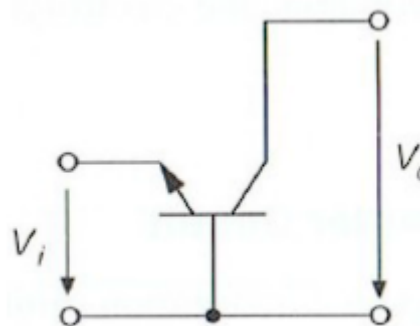


Common-emitter

- małe pasmo przenoszenia częstotliwości

Wspólna baza:

- nadaje się najlepiej do pracy na wysokich częstotliwościach
- wzmacniane napięcie sygnału wejściowego podawane jest pomiędzy emiter a bazę
- sygnał po wzmacnieniu jest odbierany pomiędzy kolektorem a bazą
- baza jest "wspólna" dla sygnału wejściowego i wyjściowego
- bardzo małe wzmacnienie prądowe (bliskie jedności)
- duże wzmacnienie napięciowe
- brak odwrócenia fazy
- mała rezystancja wejściowa
- bardzo duża rezystancja wyjściowa
- duże pasmo przenoszenia

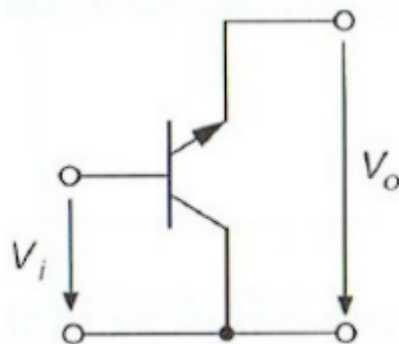


Common-base

- sygnały wyjściowe są zgodne w fazie z wejściowymi

Wspólny kolektor:

- stosowany jest jako stopień wyjściowy we wzmacniaczach wielostopniowych
- nadają się jako układy dopasowujące dwa czwórniki (bufor)
- wzmacniane napięcie sygnału wejściowego podawane jest pomiędzy bazą a kolektor
- sygnał po wzmacnieniu odbierany jest pomiędzy emiterem a kolektorem
- kolektor jest "wspólny" dla sygnału wejściowego i wyjściowego
- duże wzmacnienie prądowe
- wzmacnienie napięciowe mniejsze od jedności
- brak odwrócenia fazy
- duża rezystancja wejściowa
- mała rezystancja wyjściowa

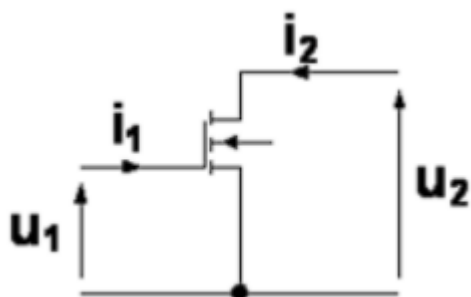


Common-collector

- średnie pasmo przenoszenia

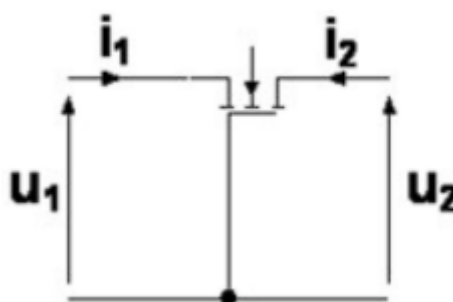
Wspólne źródło:

- stosowane w zakresie małych częstotliwości
- napięcie sygnału wejściowego podawane jest pomiędzy bramkę a źródło
- sygnał po wzmacnieniu odbierany jest pomiędzy drenem a źródłem
- źródło jest "wspólne" dla sygnału wejściowego i wyjściowego
- duże wzmacnienie napięciowe
- odwrócenie fazy o 180 stopni
- bardzo duża impedancja wejściowa
- duża impedancja wyjściowa (niepożądana dla wzmacniaczy napięciowych)



Wspólna bramka:

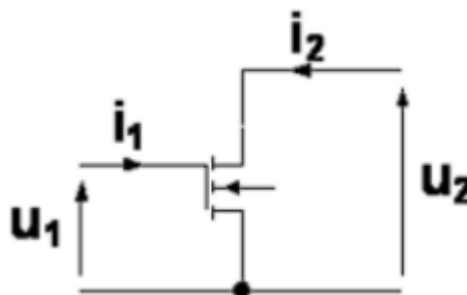
- nadaje się do pracy z wysokimi częstotliwościami
- wzmacniane napięcie sygnału wejściowego podawane jest pomiędzy źródło a bramkę
- sygnał po wzmacnieniu odbierany jest pomiędzy drenem a bramką
- bramka jest "wspólna" dla sygnału wejściowego i wyjściowego
- duże wzmacnienie napięciowe
- brak odwrócenia fazy
- mała impedancja wejściowa (setki Ohm)



- duża impedancja wyjściowa (pojedyncze kOhm)

Wspólny dren:

- stosowany gdy pożądana jest mała pojemność wejściowa oraz konieczność transformacji impedancji
- wzmacniane napięcie sygnału wejściowego podawane jest pomiędzy bramkę a dren
- sygnał po wzmacnieniu odbierany jest pomiędzy źródłem a drenem
- dren jest "wspólny" dla sygnału wejściowego i wyjściowego
- bardzo małe wzmocnienie napięciowe (mniejsze od jedności)
- brak odwrócenia fazy
- bardzo duża impedancja wejściowa (pojedyncze MOhm)



- mała impedancja wyjściowa (setki Ohm)

## 8. Porównanie budowy, właściwości i zastosowań układów FPGA, CPLD.

Cechy	CPLD	FPGA
Akronim	Complex Programmable Logic Devices	Field Programmable Gate Array
Wyjaśnienie	złożone układy programowalne	programowalne matryce bramkowe
Struktura	makrokomórek (od kilkudziesięciu do kilkuset), architektura ma strukturę hierarchiczną, niejednorodną	regularnej matrycy bloków logicznych LUT (Look-Up Table), multiplekserów lub bramek logicznych, tablicowa
Ilość zasobów	średnia	duża
Połączenia	narzucona struktura połączeń	duża dowolność łączenia zasobów
Szybkość	duża	średnia
Technologia CMOS	EPROM, EEPROM	SRAM
Budowa	programowalna matryca AND, stała matryca OR, przerzutniki, dodatkowe funkcje XOR, pewna liczba programowalnych multiplekserów	bloki zbudowane w oparciu o małą statyczną pamięć RAM, pomiędzy poprowadzone są kanały z programowalnymi połączeniami, bloki specjalne (bloki obsługi sygnałów zegara, bloki pamięci, układy mnożące i inne)
Input/Output	makrokomórki są połączone bezpośrednio z końcówkami input/output	bloki bezpośrednio sąsiadujące z końcówkami input/output, jednak w celu połączenia z wyprowadzeniami konieczne jest zastosowanie bloku I/O (który zajmuje miejsce) i wytrasowanie połączenia

Cechy	CPLD	FPGA
Liczba wejść	16-18	4-8
Liczba wyjść	4-32	1-4
Skomplikowane funkcje - realizacja	zajmowanie "term" z bloku sąsiedniego za pomocą równoległych układów rozszerzających	szybkie linie kaskadowania i przeniesienia
Bramki logiczne	od 1 do 10 tysięcy bramek logicznych	od 10 tysięcy do kilku milionów
Pamięć	nieulotna, która pozwala na natychmiastowe działanie po uruchomieniu	ulotna, co daje więcej możliwości. Gdy układ ulegnie uszkodzeniu można go wymienić na nowy bez potrzeby uprzedniego programowania
Opóźnienia	ze względu na sposób łączenia elementów opóźnienia sygnałów są w pełni przewidywalne	opóźnienia sygnałów zależą od ilości wykonanych połączeń, a ta z kolei zależy od budowy systemu i zmienia się wraz z projektem (można je oszacować dopiero po syntezie układu)
Zastosowanie	proste układy wymagające dużej szybkości, specyficzne zastosowania jak interfejsy, komparatory, szyfratory, automaty skończone, szyny. Bootloadery (zanik prądu nie powoduje utraty konfiguracji) dla urządzeń, które nie mają pamięci wewnętrznej	nadają się do tworzenia układów sekwencyjnych, układy przetwarzania informacji i sygnałów (np. w realizacjach algorytmów kryptograficznych), filtry cyfrowe, realizacja układów wykorzystujących arytmetykę rozproszoną
Zalety	makrokomórki wykonują bardziej specjalistyczne operacje logiczne	bardziej elastyczne, możliwe automatyczne przeprogramowanie się układu w celu uzyskania lepszej wydajności w danej chwili

## 9. Omów relacyjny model danych.

Dane - zapis, reprezentacja faktów, zapis danych nie posiada kontekstu czy znaczenia

Model danych - jest to zbiór posługiwania się danymi:

- zbiór reguł określających strukturę danych (definicja danych)
- zbiór reguł określających operacje na danych (operowanie danymi)
- zbiór reguł określających poprawne stany bazy danych (integralność danych)

Struktura danych - w modelu relacyjnym wszystkie informacje przechowywane są w realizacjach

Macierz (tabela) - reprezentuje relacje w systemach komputerowych. Ma następujące własności:

- każdy wiersz (krotka) reprezentuje opis nowej encji - bytu, np. osoba, samochód, itp.

- opis krotki dokonywany jest za pomocą uporządkowanego zbioru atrybutów, których kolejność jest istotna - wynika z wzorca krotki
- wszystkie krotki w tabeli muszą pasować do tego wzorca
- każda krotka jest unikalna (inna)
- kolejność krotek w tabeli nie ma znaczenia
- atrybuty opisywane są przez nazwę opisową atrybutu (ustala projektant bazy danych) i nazwę typu danych, do którego krotka przynależy (zależna od systemu zarządzania bazami danych i od norm)
- wartości atrybutów muszą być atomowe (nie ma krotki w krotce)
- ilość kolumn wyznacza ilość atrybutów opisujących encje

Relacyjny model danych - relacyjna struktura danych, dostępność operatorów algebry relacji umożliwiających tworzenie, wyszukiwanie i modyfikowanie danych. Możliwość definiowania ograniczeń integralnościowych i referencyjnych

Więzy integralności - to ograniczenia kojarzone z obiektami bazy danych. Typy więzów:

- unikalność krotek relacji - niepowtarzalność krotek w relacji, zapewniają to elementy nazywane kluczem głównym
- ograniczenia referencyjne - możliwość ograniczenia wartości atrybutu na podstawie zbioru atrybutów w innej tabeli, odpowiadają za to elementy nazywane kluczem obcym
- integralność krotki - dziedzina atrybutu, format wartości, związki między atrybutami w krotce
- dodatkowe więzy integralności pochodzą ze środowiska modelowanego przez bazę danych

Klucz główny i klucze obce - w modelu relacyjnym, każda krotka (wiersz) musi być unikalna. Osiąga się to za pomocą klucza głównego. Klucz główny to kolumna (klucz prosty) lub grupa kolumn (klucz złożony), która jednoznacznie identyfikuje wiersz tabeli. Każda relacja musi mieć dokładnie jeden klucz główny. Klucz obcy to taka kolumna (lub grupa kolumn), która zawiera odnośniki do klucza głównego z innej tablicy

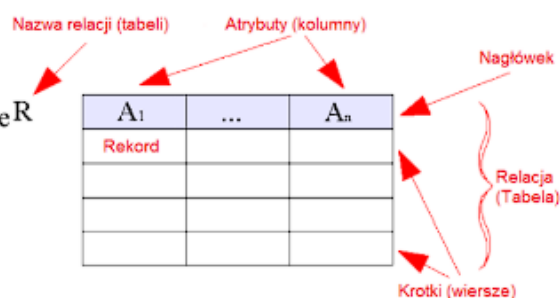
Algebra relacji - zbiór operacji zdefiniowanych w modelu relacyjnym. Operacje działają na relacjach i wynikiem każdej operacji jest nowa relacja. Sekwencja operacji algebry relacji to wyrażenie algebry relacji, którego wynikiem jest również relacja. Podstawowe operacje: selekcja, projekcja, połączenie, operatory mnogościowe, operatory zaawansowane.

Operacje na da

Pracownik			
PESEL	Imię	Nazwisko	Płaca za projekt
90091905025	Maria	Zielińska	200
80012005024	Zygmund	Kowal	200
75112107115	Marian	Opolski	400

Projekt				
ID	Nazwa	Koszt	Data rozpoczęcia	Data zakończenia
1	Projekt	100	01.12.2012	01.01.2013
2	Projekt	100	01.11.2012	06.12.2012

Nazwa relacji (tabeli): Pracownik, Projekt  
 Przykładowe atrybuty: PESEL, Imię, Nazwisko  
 Definicja krotki: osoba(PESEL, Imię, Nazwisko) – podkreślenie **R** oznacza klucz główny  
 Przykładowa krotka: osoba (90091905025; Maria; Zielińska; 200)



10. Wymień interfejsy przewodowe stosowane w systemach czujnikowych i omów jeden szczegółowo.

Interfejsy przewodowe stosowane w systemach czujnikowych:

- I<sup>2</sup>C
- 1-wire
- CAN
- RS232
- RS485

I<sup>2</sup>C:

- szeregową, dwukierunkową magistralę służącą do przesyłania danych w urządzeniach elektronicznych
- każde urządzenie ma swój adres
- brak potrzeby projektowania interfejsu magistrali - wbudowany w układ scalony
- znana również pod akronimem IIC (Inter-Integrated Circuit) - pośredniczy pomiędzy układami scalonymi
- określa dwie najniższe warstwy modelu odniesienia OSI: warstwę fizyczną i warstwę łącza danych
- 2 kierunkowe linie: dane (SDA - Serial Data) oraz sygnał zegara (SCL - Serial Clock)
- podczas transmisji danych, sygnał na linii SDA musi być stabilny (nie może się zmieniać), gdy linia SCL jest w stanie wysokim
- zmiany linii SDA podczas stanu wysokiego linii SCL są interpretowane jako sygnały sterujące (control)
- każdą transmisję inicjuje warunek start i kończy warunek stop
- maksymalna przepływność 100 kbit/s w trybie STANDARD i 400 kbit/s w trybie FAST
- maksymalna liczba urządzeń - typowo 40 (liczba układów scalonych limitowana jest tylko jej maksymalną pojemnością 400 pF)
- maksymalna odległość transmisji - 5 m
- zintegrowanie adresowania z protokołem transferu danych - całkowite programowe zorientowanie aplikacji
- układy scalone mogą być dodawane lub usuwane z systemu bez używania dodatkowych układów na magistrali
- uproszczone wykrywanie błędów i diagnostyka magistrali
- czas konieczny na stworzenie oprogramowania może być zredukowany poprzez wykorzystanie bibliotek z najczęściej używanymi funkcjami
- transmisja magistralą jest odporna na zakłócenia zewnętrzne

1-wire:

- asynchroniczny interfejs szeregowy
- interfejs elektroniczny jak również protokół komunikacyjny pomiędzy urządzeniami
- do komunikacji używana jest tylko jedna linia danych (oraz linia zerowa), dwukierunkowa
- odbiornik może być zasilany bezpośrednio z linii danych, wykorzystując zasilanie pasożytnicze
- odbiornik wyposażony jest w kondensator o pojemności 800 pF, który jest ładowany z linii danych - następnie energia w nim zgromadzona używana jest do zasilania odbiornika
- prosty protokół wymiany danych: inicjalizacja (zerowanie magistrali), wysłanie (zapis) zera, wysłanie (zapis) jedynki, odczyt bitu
- maksymalna długość jednego segmentu do 300 m (bez regeneratorów - przy niskiej prędkości transmisji)
- do przesyłania danych wykorzystywana może być zwykła skrętka telefoniczna
- każde urządzenie dostaje unikatowy adres na etapie produkcji



- struktura magistrali z jednym masterem i wieloma slave'ami
- możliwość pracy multimaster
- prosta struktura linii połączeń
- mała ilość komponentów dodatkowych
- łatwa zmiana konfiguracji sieci
- duża obciążalność linii (dużo urządzeń)
- wolniejsze i tańsze od I<sup>2</sup>C
- używany do komunikacji pomiędzy niewielkimi urządzeniami, takimi jak: termometry cyfrowe, instrumenty metrologiczne, sterowniki ładowania akumulatorów, zamki elektroniczne typu iButton
- standardowa prędkość pracy to od ok. 16 do 142 kb/s

#### CAN:

- CAN - ang. Controller Area Network
- został opracowany do zastosowań w motoryzacji (np. ABS)
- asynchroniczna magistrala szeregową
- transmisja sygnałów następuje za pomocą prostej linii różnicowej (dwuprzewodowa skrętka)
- brak adresowania węzłów (identyfikator ramki określa zawartość oraz priorytet)
- tryb multimaster
- detekcja i obsługa błędów
- popularna (obecna w przemyśle od wielu lat)
- sprzętowa implementacja protokołu
- proste medium transmisyjne
- tolerancja uszkodzeń (uszkodzony węzeł zostaje wykluczony)
- prędkość do 1 Mb/s na dystansie do 40 m
- prędkość spada wraz ze wzrostem odległości

#### RS232:

- magistrala komunikacyjna przeznaczona do szeregowej transmisji danych
- transmisja odbywa się asynchronicznie z prędkością 20 kb/s (maksymalnie 115 kb/s)
- maksymalna odległość - 15 m
- możliwy jest tryb pracy full duplex, czyli transmisja oraz odbiór w tym samym czasie
- jeden nadajnik i jeden odbiornik (point-to-point), a zatem maksymalna liczba urządzeń to 2
- specyfikacja napięcia definiuje "1" logiczną jako napięcie -3 do -15 V, zaś "0" to napięcie +3 do +15 V

#### RS485:

- transmisja asynchroniczna szeregową dwuprzewodową skrętka
- dopasowanie impedancyjne linii transmisyjnej na końcach (120 Ohm)
- podłączenie do 32 urządzeń (nadajniki lub odbiorniki)
- dalsza rozbudowa możliwa, ale wymaga powielaczy transmisji (repeaterów)
- maksymalna prędkość transmisji: ok. 35 Mb/s (przewody do 12 m)
- maksymalna długość segmentu magistrali: 1,2 km (prędkość 100 kb/s)
- w jednej chwili nadawać może tylko jeden nadajnik
- wydziela się jedno urządzenie pełniące rolę kontrolera transmisji (inicjuje transmisję, żadne urządzenie poza kontrolerem nie może samoczynnie nadawać)

## 11. Zasada działania, właściwości i zastosowania wybranych elementów systemu optoelektronicznego (źródła, modulatory, detektory).

1. Źródła Istnieje wiele rodzajów źródeł promieniowania optycznego, między innymi zwykła żarówka, promienie słoneczne, płomień świecy, w zasadzie każde ciało emituje promieniowanie termiczne. Jednak w systemach optoelektronicznych najczęściej wykorzystuje się:
  - Dioda elektroluminescencyjna LED (Light Emitting Diode) - element półprzewodnikowy, emitujący promieniowanie w zakresie światła widzialnego, podczerwieni i ultrafioletu. Zasada jej działania opiera się na wykorzystaniu zjawiska emisji spontanicznej, która polega na wydzieleniu energii w postaci fotonu podczas gdy wzbudzony elektron samoczynnie wraca do niższego poziomu energetycznego. Emisja spontaniczna jest emisją nieuporządkowaną. Stanowi to przyczynę istotnej wady diody LED, którą jest emisja promieniowania o stosunkowo szerokim widmie ciągłym. Utrudnia to przesyłanie informacji na większe odległości, między innymi przez zjawisko dyspersji. Zaletami są: małe wymiary, niewielki pobór prądu, łatwe sterowanie, niska temperatura pracy. Zastosowanie: oświetlenie, wyświetlacze, izolacja galwaniczna.
  - Dioda laserowa LD (Laser Diode) - wykorzystuje zjawisko emisji wymuszonej, polegającej na tym, że w sytuacji, w której elektron znajduje się na wyższym poziomie energetycznym, to wystarczająco długo nie zmieni tego stanu, jeśli nie zostanie pobudzony innym fotonem. W momencie pojawienia się fotonu inicjującego elektron będzie emitował energię w postaci fotonu o bardzo podobnych parametrach. Aby doprowadzić do efektywnej akcji laserowej należy zapewnić odpowiednie warunki energetyczne co uzyskuje się poprzez "pompowanie energii", czyli np. doprowadzenie prądu zasilania o stosunkowo dużym natężeniu oraz zapewnia się wewnętrzny układ rezonatora optycznego (np. w postaci dwóch zwierciadeł), odpowiedzialnego za sprzężenie ułatwiające akcję laserową oraz scalenie fotonów w jedną spójną wiązkę. Emisja wymuszona jest zjawiskiem o dużym stopniu uporządkowania, dzięki czemu wiązka promieniowania ma niewielką rozbieżność kątową oraz mały rozrzut długości fali. Zaletami są: spójna wiązka, duże uzyskiwane moce, łatwość modulacji prądem sterującym. Zastosowania: CD, DVD, wskaźniki laserowe, łączność światłowodowa, wojskowe systemy celownicze, aparatura w optoelektronice
2. Modulatory Modulacją światła nazywamy zmiany w czasie parametrów fali świetlnej (amplituda, faza, częstotliwość, polaryzacja, kierunek). Modulatorem jest urządzenie, które te zmiany wymusza. Wyróżnia się charakter modulacji: wewnętrzny oraz zewnętrzny. Pierwszy z nich (wewnętrzny) dotyczy źródła promieniowania, kiedy istnieje możliwość modulacji za pomocą np. napięcia zasilania emitera. Modulacja zewnętrzna wykorzystuje wpływ modulatora znajdującego się w torze propagacji promieniowania. Najprostszym sposobem modulacji wiązki optycznej jest umieszczenie w torze komunikacyjnym przeszkody, która tę wiązkę zatrzyma lub wymusi zmianę kierunku propagacji (czujniki ruchu, zagięcia światłowodów), jednak w systemach optoelektronicznych najczęściej wyróżnia się modulatory elektrooptyczne, akustooptyczne i magneto-optyczne:
  - Modulator elektrooptyczny - promieniowanie optyczne przechodzi przez transparentny układ modulatora, którego parametry optyczne zależą od zjawisk elektrycznych. Jednym z rozwiązań jest wykorzystanie efektu Pockels'a oraz efektu Kerra, które polegają na powiązaniu współczynnika załamania ośrodka od napięcia między dwiema elektrodami. Dzięki temu w prosty sposób można zmieniać polaryzację wiązki. Pewną niedogodnością stosowania komórek elektrooptycznych jest konieczność zasilania ich wysokim napięciem. Zastosowanie: sprzężanie urządzeń elektronicznych z optycznymi w Telekomunikacji

- Modulator akustooptyczny - założmy, że w pewnym ośrodku optycznym rozchodzi się fala akustyczna. Powoduje ona lokalne i okresowe zmiany gęstości danego ośrodka optycznego. Zjawisko to jest przyczyną lokalnych zmian współczynnika załamania. W rezultacie powstaje przestrzenna siatka dyfrakcyjna, którą można wykorzystać do modulacji światła. Modulatory akustooptyczne działają wolniej niż elektrooptyczne. Zastosowanie: mikrofon światłowodowy
  - Modulator magnetoptyczny - zmienia parametry fali świetlnej pod wpływem pola magnetycznego. Wykorzystuje zjawisko Faradaya polegające na obrocie płaszczyzny polaryzacji światła spolaryzowanego liniowo, podczas przechodzenia promieniowania optycznego przez ośrodek, w którym istnieje pole magnetyczne. Zastosowanie: układy przepuszczające światło tylko w jednym kierunku - izolatory optyczne
3. Detektory Detektorem promieniowania optycznego w systemie optoelektronicznym nazywamy przyrząd zdolny do wykrycia emisji wiązki optycznej lub zmian w jej parametrach. Niektóre z nich to: fotorezystor, fotoogniwo, fototyristor lub fotopowielacz:
- Fotorezystor - element półprzewodnikowy, w którym pod wpływem oświetlenia następuje zmiana jego przewodności niezależnie od polaryzacji przyłożonego napięcia. Pod wpływem oświetlenia zostają wzbudzone elektrony poszczególnych atomów półprzewodnika. Ładunki te mają charakter elektronów swobodnych, co powoduje wzrost kondensacji nośników elektrycznych, a więc w półprzewodniku możliwy jest przepływ prądu elektrycznego o wyższym natężeniu. Zalety: niezawodność działania, niska cena, duża obciążalność prądowa
  - Fotodioda - jest zbudowana podobnie do prostej diody krzemowej pracującej w polaryzacji zaporowej. Dodatkowo umieszcza się w niej soczewkę, umożliwiając dostarczenie promieniowania optycznego do obszaru złącza PN. Prąd przepływający przez złącze jest proporcjonalny do natężenia oświetlenia a czułość elementu charakteryzuje się stałością w szerokim zakresie. Zastosowania: stosowana w układach ogniw fotowoltaicznych, bezprzewodowa komunikacja optyczna

## 12. Architektury procesorów rdzeniowych mikrokontrolerów.

Najważniejszym elementem mikrokontrolera jest jednostka centralna nazywana procesorem (procesor rdzeniowy - CPU). Jego podstawową cechą jest przynależność do klasy synchronicznych układów sekwencyjnych.

Synchroniczność polega na tym, że zmiana stanów wewnętrznych i sygnałów pojawiających się na wyjściach mikrokontrolera zachodzi tylko w chwilach określonych przez sygnał synchronizujący zwany sygnałem zegarowym

Sekwencyjność oznacza, że stan w kolejnym cyklu zegara zależy nie tylko od sygnałów wejściowych, ale także od stanów poprzednich układu.

Zadaniem jednostki centralnej jest cykliczne wykonywanie operacji zawartych w kodzie programu stworzonego przez programistę. Program taki przechowywany jest w pamięci mikrokontrolera.

Mikroprocesory ze względu na architekturę można podzielić na kilka sposobów, dwa najważniejsze to:

- W zależności od typu struktury pamięci (lub inaczej mapy pamięci) wyróżniamy architektury:
  - Harvardzką - Jest bardziej złożona, gdyż wykorzystuje dwie szyny adresowe - rozdziela szynę pamięci danych oraz szynę pamięci programu. Szyny te mogą być różnej szerokości i występuje oddzielny obszar adresowania obu pamięci. Zaletą tego rozwiązania jest możliwość

jednoczesnego pobierania nowego rozkazu z pamięci programu oraz wykonywanie operacji na pamięci danych, czyli tzw. potokowość. Pozwala to na skrócenie cyklu zegarowego a co za tym idzie, zwiększenie szybkości pracy. Wadą jest brak możliwości stosowania techniki LUT (Look-Up Table) czyli wykorzystywania fragmentu pamięci programu jako tablicy stałych, stąd istnieją modyfikacje tej architektury, które pozwalają na odwoływanie się do pamięci programu a nawet jej modyfikację z poziomu mikroprocesora. Ponad to nie można indeksować przesyłanych danych z pamięci ROM do RAM, co powoduje, że nie ma możliwości budowania tabel współczynników stałych w pamięci ROM. Dodatkowe cechy:

- oddzielone pamięci programu i danych mogą być wykonane w różnych technologiach, posiadać różną długość słowa oraz odmienną strukturę adresowania
  - pamięć programu jest zazwyczaj większa niż pamięć danych
  - pamięci instrukcji i danych zajmują inną przestrzeń adresów architektura stosowana w mikrokontrolerach jednoukładowych, procesorach DSP oraz przy dostępie do procesora do pamięci cache
- Von-Neumanna - Mikrokontrolery w większości zbudowane są według architektury von-Neumanna. Zakłada ona brak podziału przestrzeni adresowej na pamięć programu i pamięć danych, czyli mamy jednolitą przestrzeń adresową. Takie podejście charakteryzuje się prostotą i przejrzystością, upraszcza proces pisania programów, gdyż dostęp do danych programu i rozkazów odbywa się za pomocą tych samych instrukcji i tych samych trybów adresowania. Umożliwia to także samomodyfikację programu oraz wykorzystanie pamięci programu jako zamiennik pamięci EEPROM lub ROM. Wady: dłuższy cykl zegarowy ze względu na konieczność naprzemiennego pobierania danych i rozkazów na tej samej szynie, stąd coraz częściej wykorzystuje się architekturę harwardzką przy budowie mikrokontrolerów. Dodatkowe cechy:
    - informacje przechowywane są w komórkach pamięci o jednakowym rozmiarze zawierających jednostki informacji
    - komórki pamięci tworzą uporządkowany zbiór z jednoznacznie przypisanymi numerami zwanymi adresami
    - zawartość komórki pamięci może zmienić tylko procesor w wyniku wykonania rozkazu zapisu słowa do pamięci
    - dane i rozkazy zakodowane są za pomocą liczb - bez analizy programu trudno stwierdzić czy dany obszar pamięci zawiera dane czy rozkazy
  - Zmodyfikowaną Harwardzką
    - obszary pamięci ROM i RAM są rozdzielone, ale mają taką samą długość słowa
    - pobieranie instrukcji i danych odbywa się po 1 magistrali
    - dzięki multiplexerom i odpowiedniej organizacji magistrali pamięci ROM i RAM możliwe jest z pewnymi ograniczeniami przesyłanie stałych z RAM do rejestrów i pamięci operacyjnej
- Mikroprocesory w zależności od typu listy instrukcji (inaczej listy rozkazów), wyróżniamy architektury:
    - RISC (Reduced Instruction Set Computer)
      - procesor zbudowany zgodnie z architekturą Harwardzką
      - procesor wykorzystuje przetwarzanie potokowe (pipelining) w celu zwiększenia szybkości wykonywania programu
      - zbiór realizowanych instrukcji jest ograniczony (do kilkudziesięciu) i spełnia warunki ortogonalności
      - zwiększenie liczby rejestrów roboczych

- wprowadza system load-store (tylko 2 instrukcje odwołujące się do pamięci)
- Ortogonalność polega na:
  - każda instrukcja może operować na dowolnym rejestrze roboczym
  - każda instrukcja może wykorzystywać dowolny tryb adresowania argumentów
  - brak ukrytych powiązań między instrukcjami (efektów ubocznych), które powodowałyby nieprzewidziane reakcje systemu w zależności od kontekstu użycia rozkazów w programie
  - kody rozkazów i formaty instrukcji są zunifikowane - instrukcje zajmują w pamięci programu taką samą liczbę bajtów
- CISC (Complex Instruction Set Computer)
  - złożone specjalistyczne rozkazy (instrukcje), które do wykonania wymagają od kilku do kilkunastu cykli zegara
  - szeroka gama trybów adresowania
  - dużo odwołań do pamięci
  - w przeciwieństwie do RISC rozkazy mogą operować bezpośrednio na pamięci (zamiast przesyłania wartości do rejestrów i operowania na nich)
  - potokowość jest utrudniona, ale 1 instrukcja może wykonywać wiele operacji
  - powyższe właściwości powodują, że dekodery rozkazów są bardzo rozbudowane
  - w tej architekturze pojedynczy rozkaz mikroprocesora wykonuje kilka operacji niskiego poziomu - pobieranie danych z pamięci, operację arytmetyczną i zapis do pamięci

### 13. W jaki sposób można zrealizować w zakresie b. w. cz. czystą reaktancję?

Reaktancja (opór bierny) to wielkość charakteryzująca obwód elektryczny zawierający element o charakterze pojemnościowym lub indukcyjnym. Jest urojoną częścią impedancji i oznacza się ją na ogół symbolem  $X$ , może przyjmować wartości dodatnie i ujemne.

Idealna reaktancja elementu elektrycznego występuje, gdy jest równa co do modułu impedancji tego elementu, czyli nie występuje składowa rzeczywista - rezystancja.

$$|Z| = |R - jX|_{R=0} = |jX| = |X|$$

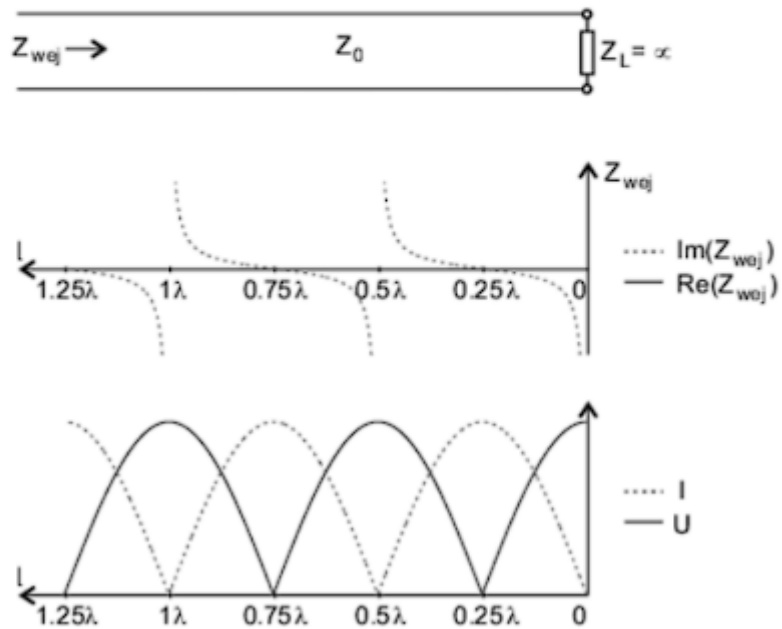
Idealnej reaktancji nie da się w rzeczywistości zrealizować, ponieważ w każdym przypadku występują pewne składowe pasożytnicze. W przypadku wysokich częstotliwości idealną reaktancję można modelować przy pomocy idealnej linii zakończonej rozwarciem lub zwarcie.

Rysunek 3 przedstawia sposób transformacji impedancji linii z rys. 1 i 2. Kierując się w prawo dla linii zwartej należy przejść od rozwarcia (180 st.) do zwarcia (0 st.) skracając linię o  $\lambda/4$  i na odwrót (od 0 st. do 180 st.) w przypadku linii rozwartej. W ten sposób zauważyć można, że dodatnia reaktancja (indukcyjność) znajduje się w górnej części wykresu Smitha, a reaktancja ujemna (pojemność) w jego dolnej części.

$$Z_w(z) = Z_0 \frac{Z_L - jZ_0 \tan \beta z}{Z_0 - jZ_L \tan \beta z}$$

Dla linii rozwartej

$$Z_L = \infty, \quad Z_{wej} = -jZ_0 \cot \beta l, \Gamma = 1, WFS = \infty$$

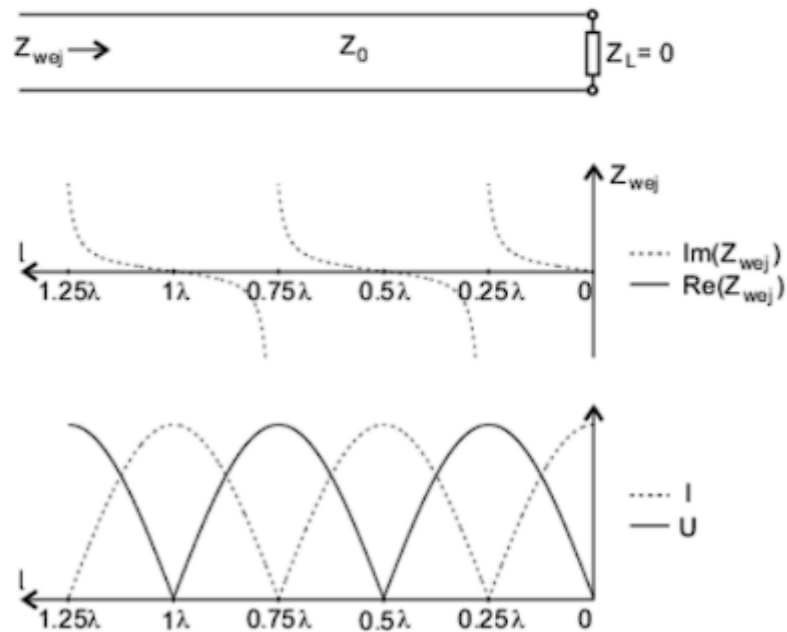


Rys. 1.

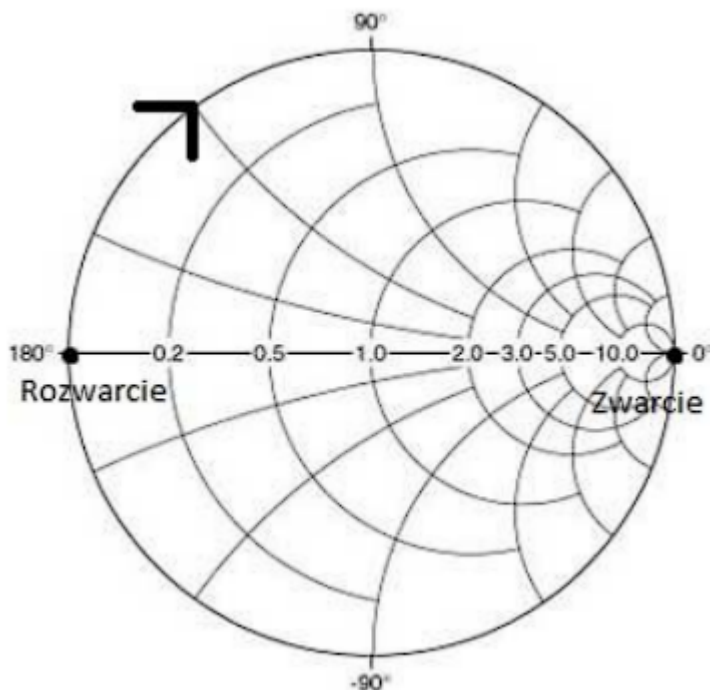
$$Z_w(z) = Z_0 \frac{Z_L - jZ_0 \tan \beta z}{Z_0 - jZ_L \tan \beta z}$$

Dla linii zwartej

$$Z_L = 0, \quad Z_{wej} = jZ_0 \tan \beta l, \quad \Gamma = -1, \quad WFS = \infty$$



Rys. 2.



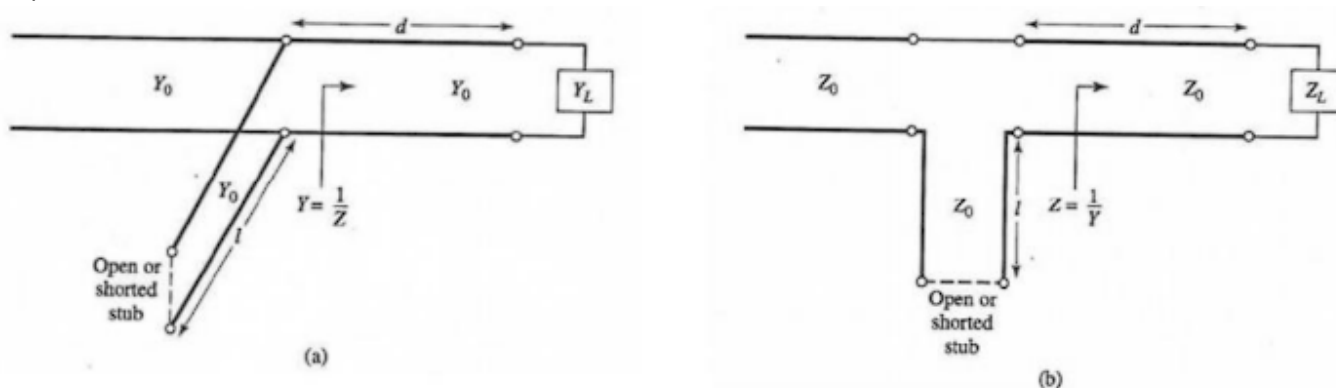
Rys. 3.

## 14. Do czego służy strojnik pojedynczy i jaka jest jego zasada działania?

Strojnik pojedynczy to odcinek linii transmisyjnej zwarty lub rozwarty na końcu i dołączony do obwodu w sposób równoległy lub szeregowy. Jego zadaniem jest przetransformowanie końcowego zwarcia lub rozwarcia



na odpowiednią wartość reaktancji (strojnik szeregowy) lub susceptancji (strojnik równoległy) zapewniającej dopasowanie obciążenia do linii.



Rysunek 4: Strojnik pojedynczy: (a) równoległy, (b) szeregowy

Strojnik charakteryzuje się dwoma parametrami: długością  $l$  oraz odległością od obciążenia  $d$

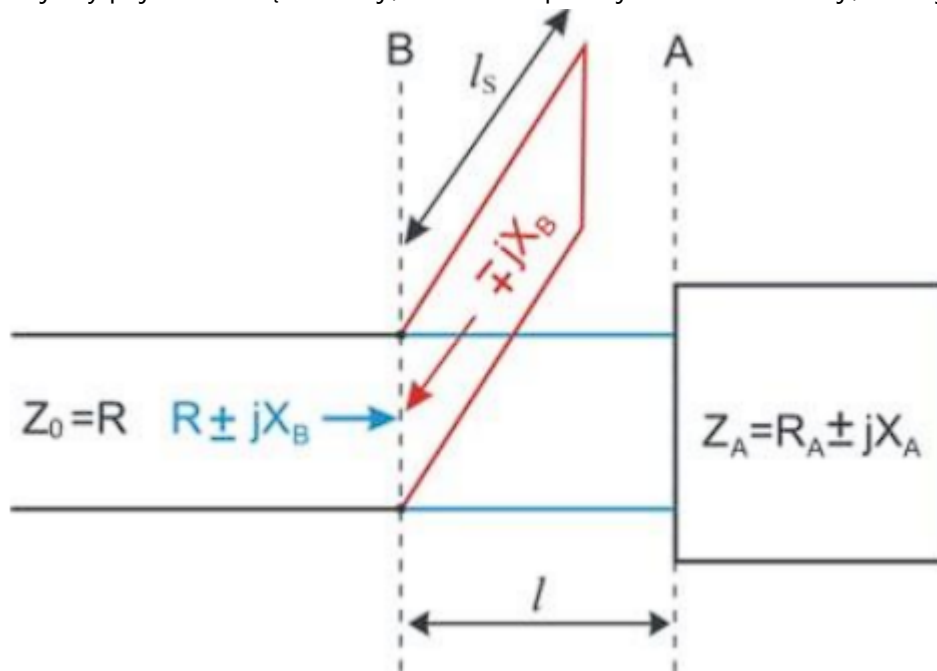
W układach BWZ niedopasowanie impedancji polega na tym, że impedancja obciążenia dołączonego do toru transmisyjnego widziana na zaciskach wejściowych tego toru jest inna niż impedancja charakterystyczna linii transmisyjnej. Występowanie niedopasowania skutkuje niezerowym współczynnikiem odbicia, co prowadzi do powstawania fali stojącej. Gdy fala rozchodząca się w linii trafi na ośrodek o innej impedancji niż impedancja ośrodka, w którym się rozchodzi, ulega częściowemu lub całkowitemu odbiciu. W efekcie fala przekazuje mniejszą energię do docelowego obwodu. Ponadto obecność fali postępującej i wstecznej prowadzi do powstawania fali stojącej o własnościach lokalnego gromadzenia energii, co oznacza obniżenie pojemności energetycznej linii. Aby zapobiec występowaniu tego zjawiska, stosuje się układy dopasowujące impedancję obciążenia do impedancji linii, do których zalicza się strojnik pojedynczy.

Dopasowanie obciążenia oznacza więc w praktyce kompensację odbić. Jedną z najczęściej stosowanych metod jest metoda polegająca na wprowadzeniu do toru sygnałowego dodatkowych odbić kompensujących te, które wynikają bezpośrednio z własności układu dopasowywanego. Staramy się dopasować przy pomocy bezstratnych elementów takich jak reaktancje oraz odcinki linii transmisyjnych. Ta metoda kompensacji prowadzi do spełnienia dwóch kluczowych warunków:

1. Długość odcinka linii transmisyjnej ma zapewnić przeniesienie punktu odpowiadającego impedancji  $Z_L$  bądź admitancji  $Y_L$  obciążenia na okrąg jednostkowy na wykresie Smitha  $r=1$  lub  $g=1$  ( $r=R/Z_{c1}$ ,  $g=G/Y_c$ )
2. Wartość reaktancji dobieramy tak, aby skompensować pozostałą urojoną impedancji/admitancji obciążenia widzianą w płaszczyźnie włączenia reaktancji kompensującej.

Impedancja widziana na zaciskach w płaszczyźnie A ma pewną część. Po zastosowaniu strojnika pojedynczego w odpowiedniej długości od obciążenia  $Z_A$  (takiej, która zapewni przesunięcie rezystancji znormalizowanej  $r_A$  na okrąg  $r=1$ ), pozostanie do skompensowania jedynie część urojona impedancji obciążenia. Reaktancję strojnika ustawia się poprzez wybranie odpowiedniej długości strojnika (zależy to od długości fali rozchodzącej się w linii). Linia, z której wykonany jest strojnik, jest zwarta lub rozwarta na końcu (wybór zależy od charakteru reaktancji, czy reprezentuje pojemność czy indukcyjność). Nadając jej pewną długość,

powodujemy pojawienie się reakcji, która skompensuje wartość reakcji, która jest widziana w płaszczyźnie



B.

## 15. Omów ramy stosowania rachunku wskazów w analizie obwodów i niekonkurencyjności rachunku Laplace'a w tych ramach.

1. Rachunek wskazowy stosujemy w analizie obwodów liniowych, jeżeli pobudzenia w nich występujące są:

- sygnałami okresowymi spełniającymi warunku Dirichleta - czyli takimi sygnałami, dla których można wskazać taki skończony jego fragment, że sygnał jako całość powstaje przez powielenie tego fragmentu.
- sygnałami prawie okresowymi, które można przedstawić za pomocą sygnałów okresowych spełniających warunki Dirichleta - warunki dostateczne - jeżeli sygnał okresowy spełnia warunki Dirichleta, to można go przedstawić za pomocą szeregu Fouriera

2. Warunki stosowania analizy wskazowej w analizie obwodów liniowych:

- pobudzenie  $x(t)$  jest sinusoidalne:

$$x(t) = X_m \cos(\omega_0 t + a)$$

- pobudzenie trwa nieskończenie długo, czyli:

$$t \in (-\infty, \infty)$$

- układ znajduje się w stanie nieustalonym - odpowiedź zależy od pobudzenia oraz właściwości układu (nie zależy od warunków początkowych)
- układ jest stabilny - dla każdego ograniczonego sygnału pobudzającego  $x(t)$ , odpowiedź układu  $y(t)$  również jest ograniczona (stabilność BIBO)

3. Niekonkurencyjność rachunku operatorowego Laplace'a

- W rachunku operatorowym Laplace'a dla sygnału nie przyczynowego operator Laplace'a "obcina" jego nieprzyczynową część. Przy analizie sygnałów okresowych działających "od zawsze" analiza operatorowa z użyciem prawostronnej transformaty Laplace'a spowodowałaby utratę części informacji o

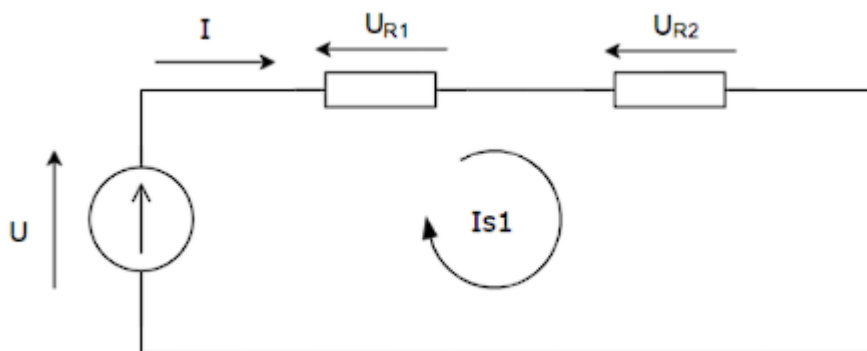
sygnale pobudzającym (utrata informacji o czasie  $t < 0$  ze względu na granicę całkowania w definicji)

$$X(s) \stackrel{\text{def}}{=} \int_{0^-}^{\infty} x(t)e^{-st} dt$$

- W analizie wskazowej wykonujemy tylko obliczenia na liczbach zespolonych, natomiast w analizie operatorowej wykonujemy obliczenia na wyrażeniach funkcyjnych zmiennej  $s$ , które są bardziej skomplikowane.
- Analiza wskazowa z założenia służy do obliczeń w sinusoidalnych stanach ustalonych, natomiast analiza Laplace'a pozwala przeanalizować układy również w stanach nieustalonych. Nie ma praktycznego uzasadnienia stosować analizy Laplace'a do obliczeń sinusoidalnych stanów ustalonych, ponieważ analiza wskazowa umożliwia znacznie prostsze obliczenia.

## 16. Sformułuj i zapisz w postaci ogólnej prawa Kirchhoffa oraz podaj własne przykłady ilustrujące treść tych praw.

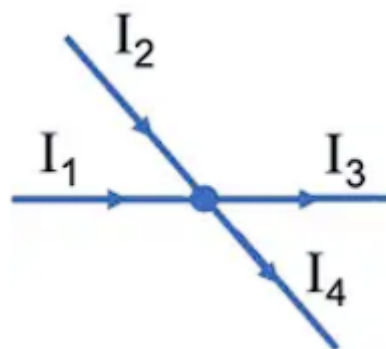
1. Napięciowe prawo Kirchhoffa W obwodzie zamkniętym suma spadków napięć wytraconych na wszystkich elementach obwodu jest równa sumie napięć wytworzonych przez źródło napięcia. Bilans napięć w obwodzie elektrycznym jest równy zero.



Dla napięć zwróconych zgodnie z orientacją oczka przyjmujemy znak dodatni, a dla skierowanych w przeciwnym kierunku - znak ujemny. Przyjmując powyższe założenia możemy zapisać równanie:

$U = U_{R1} + U_{R2}$  Co po przekształceniu daje bilans napięć w obwodzie równy zero:  $U - U_{R1} - U_{R2} = 0$

2. Prądowe prawo Kirchhoffa W obwodzie zamkniętym w każdym węźle obwodu suma natężeń prądów wpływających do węzła jest równa sumie natężeń prądów wypływających z węzła. Bilans natężeń



prądów dla każdego węzła w obwodzie jest równy 0.

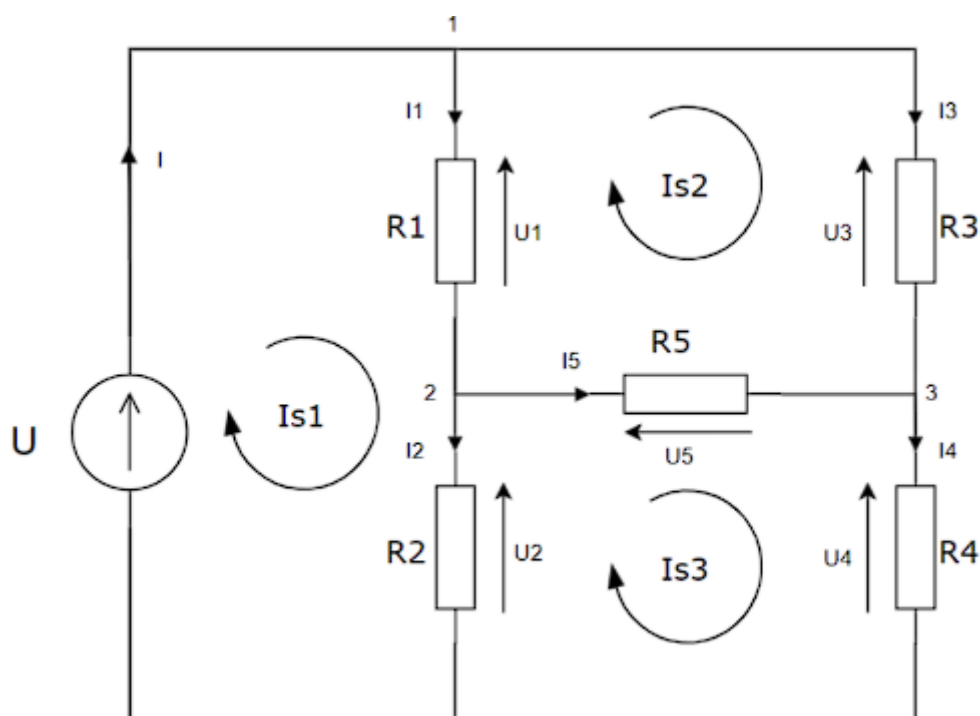
Dla natężeń

prądów wpływających do węzła przyjmujemy znak dodatni, a dla prądów wypływających - znak ujemny. Przyjmując powyższe założenie możemy zapisać równanie:

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

Co po przekształceniu daje nam bilans natężeń prądów równy zero:

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$



3. Przykłady

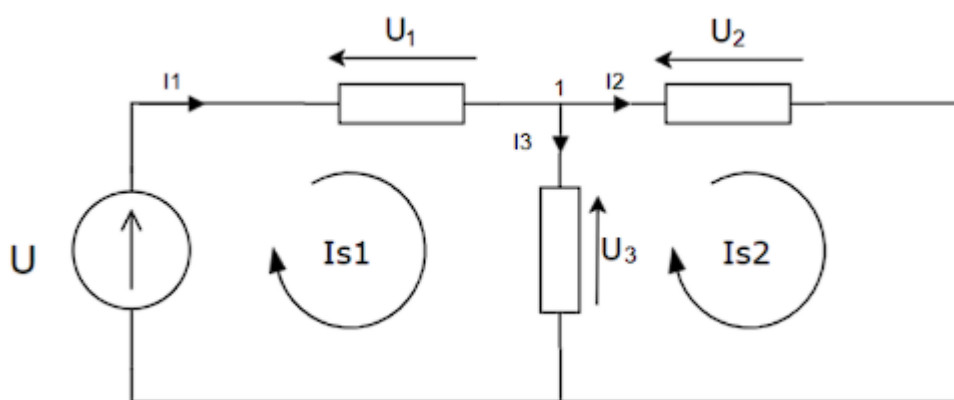
Z PPK:

$$I = I_1 + I_3 = I_2 + I_4$$

$$I_1 = I_2 + I_5$$

$$I_4 = I_3 + I_5$$

Z NPK:  $U = U_1 + U_2$   $U_1 = U_3 + U_5$   $U_2 = U_4 + U_5$



Z PPK:

$I_1 = I_2 + I_3$  Z NPK:  $U = U_1 + U_3$   $U_2 = U_3$

## Pytania dla Telekomunikacji

### 1. Omów problem analizy i syntezy zasobów w sieci telekomunikacyjnej.

Synteza - polega na projektowaniu systemu pod zadane warunki jakie ma spełnić, tj. określenie ile i jakie zasoby są niezbędne do obsłużenia zadanego ruchu (strumienia zgłoszeń), przy jednoczesnym zapewnieniu

wymaganych parametrów jakościowych. Synteza umożliwia określenie jakie zasoby i w jakiej ilości będą potrzebne do zrealizowania sieci zapewniającej określone usługi z daną jakością.

Analiza - polega na sprawdzeniu, czy przy danych zasobach sieci, którymi aktualnie dysponujemy, jesteśmy w stanie obsłużyć ruch z wymaganą jakością. Przy podejściu analizy dane są pewne zasoby, a sprawdzane są parametry jakościowe systemu. Analiza pozwala zweryfikować, czy założenia (szacowania) wykonane w ramach syntezy zostały spełnione.

O zasobach mówimy w różny sposób, w zależności od tego czy jest to sieć:

- z komutacją kanałów:
  - liczba dostępnych łączy międzywęzłowych
  - moc przetwarzania w węźle
- z komutacją pakietów:
  - przepływność łączy
  - pojemność buforów w systemie obsługi
  - moc przetwarzania w węźle

Podstawowy problem w realizacji każdej sieci sprowadza się do tego:

- jak określić zasoby jakie powinna posiadać sieć i jak te zasoby rozdzielić pomiędzy poszczególne ścieżki w tej sieci dla obsługi zadanego ruchu lub odwrotnie:
- mając dane zasoby, określić ile ruchu i jakie usługi telekomunikacyjne możemy obsłużyć

Podstawowym zadaniem inżynierii ruchu jest więc odwzorowanie ruchu na zasoby sieci, aby osiągnąć określone cele wydajnościowe:

- zorientowanie na ruch - bezpośrednio związane z uzyskaniem wymaganej jakości usług. Wielkościami, które są metrykami opisującymi tę wartość są uzależnienie od stosowanej technologii i np. w przypadku technologii pakietowej są to: prawdopodobieństwo straty pakietu, opóźnienie pakietu, zmienność opóźnienia
- zorientowanie na zasoby - związana z optymalizacją wykorzystania zasobów sieciowych

Pierwszym i zasadniczym celem obu podejść jest minimalizacja natłoku, który może wystąpić w dwóch podstawowych sytuacjach:

- gdy zasoby sieciowe są niewystarczające lub nieodpowiednie do alokacji oferowanego ruchu
- gdy strumień ruchu są nieefektywnie odwzorowane w dostępne zasoby powodując, że fragmenty sieci są przeciążone, a tymczasem inne fragmenty sieci są niewykorzystane

W pierwszej sytuacji, aby zlikwidować natłok dla nieefektywnie lokowanego ruchu w posiadanych zasobach wymagane jest stosowanie reguł równoważenia ruchu. Ich celem jest minimalizacja wystąpienia maksimum natłoku co równoważne jest minimalizacji maksimum wykorzystania zasobów. W efekcie właściwa alokacja zasobów powoduje np. zmniejszenie strat zgłoszeń, zwiększenie poprawnie obsłużonego ruchu oraz zmniejszenie strat pakietów.

W określeniu zasobów i zdolności obsługi należy także uwzględnić możliwość wystąpienia uszkodzeń w sieci w celu zapewnienia ciągłości usług (niezawodność działania sieci wraz z określonymi zasadami i regułami postępowania). MOżliwość wystąpienia uszkodzeń w sieci musi być ujęta w określeniu zasobów. Na ogół

sprowadza się do określonej nadmiarowości w zasobach oraz zdolności umiejętnego kierowania ruchu i wykorzystania tej nadmiarowości.

Zatem w sieci mamy do czynienia z:

- sterowaniem ruchem - gwarantuje, że wydajność sieci jest maksymalizowana nawet w przypadku obciążenia lub uszkodzeń
- sterowania zasobami - gwarantuje, że zaprojektowana sieć realizuje postawione cele przy minimalnych kosztach

Zarówno problemy syntezy i analizy dotyczą:

- odpowiedniego sformułowania opisu sieci oraz reguł jej działania
- ustalenia odpowiedniego modelu do modelowania sieci w celu określenia w sposób analityczny jej ruchu
- optymalizacji zasobów poprzez iterację obliczeń dla danego modelu i modyfikację pewnych parametrów w oparciu o otrzymane wyniki

## 2. Scharakteryzuj architektury wspierające realizację sieci IP QoS.

Klasyczna sieć oparta na protokole IP nie zapewnia żadnej jakości (jest to tylko i wyłącznie Best Effort). W celu przekształcenia sieci IP w IP QoS (IP wspierającą zagwarantowane jakości), zaproponowano 2 różne architektury sieci: IntServ (skrót od Integrated Services) oraz DiffServ (skrót od Differentiated Services).

Istnieje również trzecie podejście gwarantujące QoS dla sieci IP - MPLS (Multiprotocol Label Switching), jednak nie jest to określone w literaturze jako architektura, stąd też zostanie to opisane na samym końcu w ramach suplementu (tzn. wiedzieć, ale nie wychodzić przed szereg na egzaminie).

1. Architektura IntServ Architektura IntServ opisuje w jaki sposób uzyskać QoS w sieci IP. Określa szeroki zakres procedur w jaki sposób powinny być zestawiane ze sobą sesje połączeniowe, w jaki sposób powinno następować rozłączanie sesji połączeniowych, w jaki sposób zarządzać strumieniami w sieci IP. IntServ ma za zadanie przydzielać zasoby (konkretne przepływności) dla poszczególnych strumieni. W tej architekturze zasadniczym elementem zarządzającym strumieniami pakietów jest protokół RSVP (Resource Reservation Protocol) - słowo klucz: sygnalizacja. Pozwala on na rezerwację zasobów w momencie kiedy ma nastąpić wymiana pakietów w sieci. Protokół RSVP zapewnia zbliżone działanie sieci IP do klasycznych sieci z komutacją kanałów. RSVP pozwala na szczegółową rezerwację zasobów dla poszczególnych strumieni, a także umożliwia przesyłanie informacji zwrotnej do aplikacji po stronie użytkownika z wiadomością, czy wszystkie urządzenia sieciowe przez które ma przejść dany strumień wspierają QoS.

Nadawca najpierw wysyła wiadomość PATH do urządzenia końcowego. Wiadomość ta zawiera informację o rodzaju ruchu, dostarcza ona szczegółów na temat wymaganej przepływności i rozmiarze pakietów. Następnie przesyłana jest wiadomość zwrotna RESV od urządzenia końcowego do nadawcy. Jest to żądanie rezerwacji zasobów w urządzeniach pośredniczących. W tym momencie każde urządzenie sieciowe musi zarezerwować konkretne zasoby na potrzeby transmisji. Jeżeli wiadomość RESV dojdzie do nadawcy - oznacza to, że żądane zasoby zostały pomyślnie zarezerwowane.

Ważne: protokół RSVP jest odpowiedzialny za kontrolę strumieni, ale sam nie przenosi żadnych danych użytkownika! Za transport danych odpowiadają już inne protokoły (np. RTP). Rezerwacje zasobów

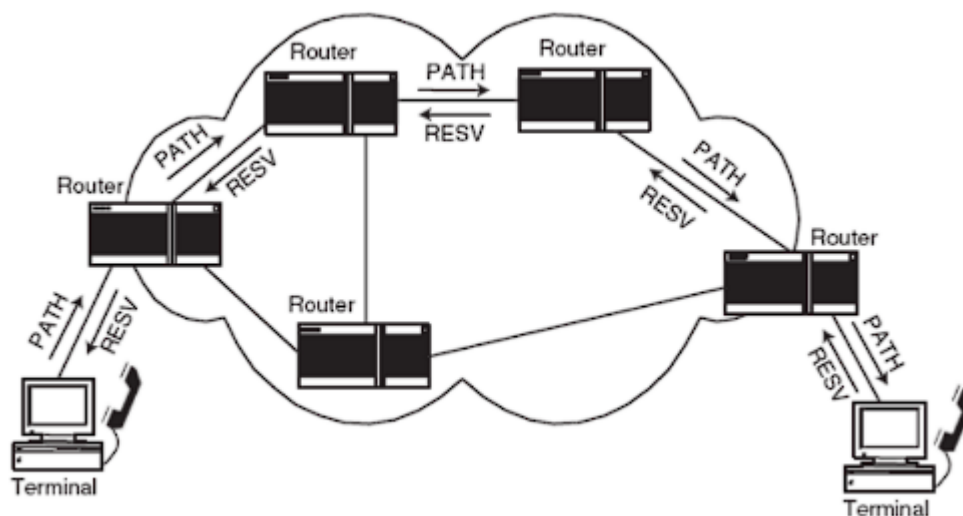
zapewniane przez RSVP nie są permanentne - użytkownik musi je odnawiać co określony czas. Jeżeli tego nie zrobi, to nastąpi samoczynne rozłączenie i zwolnienie zasobów.

W IntServ z RSVP najpierw następuje zgłoszenie żądania i rezerwacji zasobów (jak wyżej), potem wymiana pakietów oraz jeżeli to potrzebne - odnowienie rezerwacji zasobów. Protokół sygnalizacyjny RSVP jest osadzony na stosie protokołów wykorzystywanych w sieci IP.

Wady architektury IntServ (które zaprzeczają założeniom sieci IP tak na dobrą sprawę):

- strumienie są obsługiwane indywidualnie, zgodnie z aplikacją użytkownika
- konieczność pamiętania w routerach informacji o każdym indywidualnym strumieniu
- brak skalowalności - trudności przy realizacji sieci o dużej liczbie strumieni i dużych przepływnościach (przeciążone routery rdzeniowe, zapotrzebowanie na dużą moc obliczeniową)

Obrazek przedstawiający jak działa RSVP w ramach architektury IntServ



2. Architektura DiffServ Podejście DiffServ jest nieco inne - zamiast rozpatrywać każdy strumień osobno, urządzenie sieciowe analizuje przesyłane pakiety. W tym modelu nie zakłada się żadnych powiązań między następującymi po sobie pakietami. Dzięki temu sieci z wykorzystaniem DiffServ są niewątpliwie skalowalne, natomiast obsługa skupia się przede wszystkim na obsłudze ruchu ze zdefiniowanymi różnymi klasami usług. DiffServ wykorzystuje do sprawnego działania pole TOS w nagłówku UPv4 (pole TC w nagłówku IPv6). Bardziej ogólne stwierdzenie: DiffServ wykorzystuje nagłówek IP. Pole definiujące rodzaj pakietu nazywa się polem DSCP (Differential Services Code Point). Dzięki temu można określić w jaki sposób powinien być przekazywany dany pakiet w obrębie sieci. DiffServ definiuje 2 rodzaje przekazywania pakietów: EF (Expedited Forwarding) oraz AF (Assured Forwarding).

Zadaniem usługi przesyłania przyspieszonego EF jest utrzymanie na niskim poziomie opóźnień i jittera oraz zapewnienie niskiego poziomu strat pakietów. Pakiety należące do tej usługi mają też zagwarantowane pewne pasmo, a obsługiwany przez nią ruch jest natychmiast inicjowany przez routery dalej i ma bezwzględny priorytet nad innymi klasami. Dlatego musi on być starannie monitorowany i kształtowany w wejściu do sieci. Jednak w przeciwieństwie do innych klas ruchu, w tym przypadku niemożliwe będzie przesyłanie większej ilości ruchu niż to wynika z zawartego kontraktu, nawet gdyby w danym momencie sieć była nieobciążona.

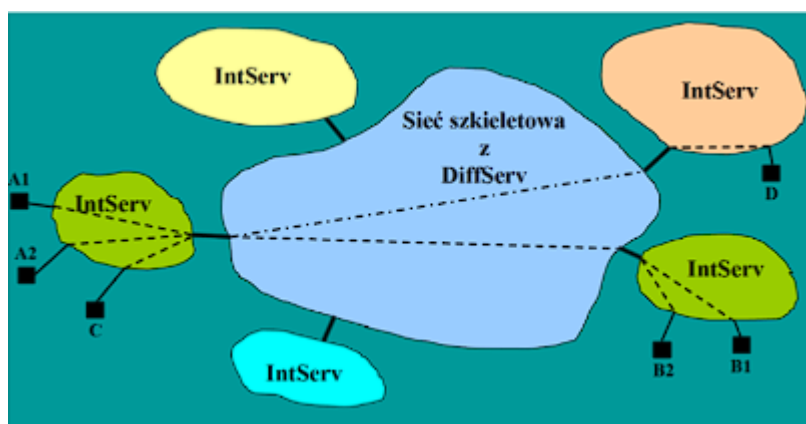
Usługa przesyłania gwarantowanego AF zapewnia określoną przepustowość łącza, ale nie daje gwarancji dotyczącej wielkości opóźnień pakietów. Określa się tu jedynie, że ruch zgodny z ustalonym profilem



będzie dostarczony z prawdopodobieństwem nie niższym niż ustalony próg. W ramach AF wyróżnia się cztery ponumerowane klasy. Każdej klasie przypisana jest pewna część pasma dostępnego w obrębie danego węzła sieci, a w obrębie każdej klasy wyróżnia się trzy poziomy prawdopodobieństwa odrzucenia pakietu w momencie, gdy w danej klasie wystąpi określony poziom natłoku. Dzięki temu w momencie natłoku w danej klasie, pakiety o wyżej zdefiniowanym prawdopodobieństwie odrzucenia zostaną odrzucone na rzecz pakietów o "ważniejszych".

Zalety DiffServ:

- sieć nie widzi indywidualnej aplikacji, lecz strumień ruchu, który obsługuje w danym momencie, rozpoznany na podstawie pola DSCP
- klasyfikacja wynika z wprowadzonym usług sieciowych (klas). Obsługa zatem jest zależna od usługi sieciowej, a nie konkretnej aplikacji (żądania)
- uproszczenie funkcji wewnątrz sieci



Rysunek przedstawia docelową architekturę sieci ze wsparciem IP QoS. Rdzeń sieci ma obsługiwać dużą liczbę strumieni i być jednocześnie prosty pod względem funkcjonalnym (obsługa tylko kilku klas usług), natomiast na brzegu sieci mają być realizowane wszystkie złożone funkcje związane z QoS takie jak: klasyfikacja (wstępny przydział do określonej klasy), analiza zgodności (z zadeklarowanymi parametrami ruchowymi), cechowanie (ostateczne nadane cechy świadczącej o przynależności do określonej klasy usługi sieciowej) oraz obsługa pakietów (odrzućanie pakietów, kolejkovanie priorytetowe, kształtowanie ruchu).

3. Technologia MPLS - dodatek W dotychczas omawianych architekturach (IntServ i DiffServ) pomijaliśmy problem realizacji funkcji komutacji. Takie podejście można stosować, gdy intensywność pakietów, które podlegają obsłudze w węźle, nie jest stosunkowo duża. Jednakże, gdy mamy do czynienia z obsługą pakietów dla np. mowy, które są krótkie i ich intensywność może być znaczna, to mamy już problem z brakiem mocy przetwarzania w węźle. Moc przetwarzania jest przecież niezbędna do określenia następnego węzła (trzeba skorzystać z tablicy routingu) i wykonania funkcji komutacji. Musi to zostać wykonane dla każdego pakietu z osobna. Jeżeli intensywność pakietów jest duża i tę sekwencję wykonujemy w warstwie IP, czyli na polach nagłówka protokołu IP pakietu, to zajmuje to wówczas sporo czasu w procesie przetwarzania, a tym samym wymaga znacznej mocy przetwarzania.

I teraz MPLS jest odpowiedzią na powyższe problemy. MPLS - Multiprotocol Label Switching jest to określona przez IETF koncepcja, która umożliwia efektywniejszą realizację w sieci takich funkcji jak: routing, komutacja i tym samym obsługa ruchu (przekazywanie pakietów).

Istotne cechy MPLS to: zawartość mechanizmów umożliwiających zarządzanie przepływem ruchu o różnorodnym stopniu rozdrobnienia, czyli ruchem między różnym sprzętem/maszynami/aplikacjami, niezależność od protokołów warstwy 2 i 3, proste etykiety o stałych długościach. W MPLS przenoszenie danych od źródła do odbiorcy ma miejsce wzdłuż etykietowo przełączanej ścieżki LSP (Label-Switched Path). Dzięki temu dla zadanych pakietów tworzy się fizyczną ścieżkę po której mają być przesyłane. Pozwala to zbalansować wykorzystanie sprzętu w taki sposób, aby zmaksymalizować wykorzystanie dostępnych w obrębie sieci zasobów.

### 3. Przedstaw bilans energetyczny i scharakteryzuj jego znaczenie przy projektowaniu łącza radiowego.

$$P_{\text{odb}}[\text{dBW}] = P_{\text{N}}[\text{dBW}] - L_{\text{F}}[\text{dB}] + G_{\text{nad}}[\text{dB}] + G_{\text{odb}}[\text{dB}] - L_{\text{całk}}[\text{dB}]$$

$$P_{\text{odb}}[\text{dBW}] = P_{\text{nad}}[\text{dBW}] + G_{\text{nad}}[\text{dB}] + G_{\text{odb}}[\text{dB}] - L_{\text{całk}}[\text{dB}]$$

gdzie:

- $P_{\text{odb}}[\text{dBW}]$  - moc jaka zaindukuje się w impedancji wejściowej anteny odbiorczej
- $P_{\text{nad}}[\text{dBW}]$  - moc wyprowadzana przed anteną nadawczą ( $= P_{\text{N}} - L_{\text{F}}$ )
- $P_{\text{N}}[\text{dBW}]$  - moc nadajnika
- $G_{\text{nad}}[\text{dB}]$  - zysk anteny nadawczej
- $G_{\text{odb}}[\text{dB}]$  - zysk anteny odbiorczej
- $L_{\text{całk}}[\text{dB}]$  - całkowite tłumienie propagacyjne sygnału w łączy radiowym, na które składa się tłumienie wynikające z warunków wolnej przestrzeni (odległości) i tłumienie dodatkowe wynikające np. z obiektów znajdujących się w I strefie Fresnela
- $L_{\text{F}}[\text{dB}]$  - tłumienie w fiderze antenowym

#### Bilans energetyczny

- Obrazuje jaka moc zaindukuje się na impedancji wejściowej anteny odbiorczej w zależności od mocy wypromieniowanej przez antenę nadawczą ale także od parametrów obu anten i całkowitego tłumienia występującego na drodze przesyłanego sygnału radiowego.
- Całkowitą moc sygnału odebranego stanowi suma mocy sygnału nadanego oraz zysku anteny nadawczej i odbiorczej, przy uwzględnieniu tłumienia zachodzącego przy zjawisku propagacji. Im większa moc sygnału nadawanego oraz zyski obu anten, tym większy będzie poziom energetyczny sygnału odbieranego. Należy natomiast pamiętać, że im większa moc sygnału nadawanego, tym większe będą też zakłócenia wprowadzane do środowiska propagacyjnego - ponieważ każdy sygnał użyteczny jest także sygnałem zakłócającym dla innych stacji bazowych. Na poziom sygnału odbieranego wpływa również tłumienie toru nadawczego i odbiorczego, a także rzeczywiste tłumienie, w którego skład wchodzi tłumienie wolnej przestrzeni (podstawowe, wynikające z rozproszenia) i tłumienie dodatkowe (związane ze środowiskiem).

#### Znaczenie przy projektowaniu łącza radiowego

- Przy projektowaniu łącza radiowego ma on bardzo ważne znaczenie. Pozwala określić wymagane parametry techniczne anten oraz wymaganą moc sygnału nadawanego (mając na uwadze możliwości finansowe inwestora), tak aby moc sygnału odebranego spełniała założenia projektowe i była zgodna z prawem. Pozwala także szacować jaki wpływ będzie miała odległość pomiędzy dwoma antenami na moc sygnału odebranego.

- Bilans energetyczny ma niezwykle ważne znaczenie przy projektowaniu łącza radiowego, ponieważ znając zyski obu anten i tłumienie wnoszone przez elementy fizyczne tego łącza oraz środowisko propagacyjne, możemy tak dobrać moc sygnału nadawanego, aby na wejściu odbiornika uzyskać wymagany poziom mocy sygnału, wynikający z czułości użytkowej tego odbiornika. Czułość odbiornika to minimalna wartość napięcia, które musi zaindukować się na wejściu odbiornika, aby zapewnić jego poprawną pracę. Czułość ta wyznaczana jest w oparciu o wymagany na wejściu odbiornika stosunek sygnału do szumu, przy uwzględnieniu jego szumów własnych. Znając czułość użytkową odbiornika, moc nadajnika dobierana jest w taki sposób, aby w punkcie odbioru, tuż przy antenie odbiorczej uzyskać wymaganą wartość natężenia pola  $E_{min}$ , dodatkowo powiększoną o współczynnik ochronny  $A$  (zależny od poziomu zakłóceń i szumów):

$$E_{min}' = E_{min} + A$$

Wówczas otrzymuje się faktyczny poziom energetyczny sygnału, który należy zapewnić na granicy zasięgu systemu radiowego, aby odbiornik poprawnie pracował w obecności zakłóceń.

## 4. System komórkowy GSM, architektura, podstawowe parametry i rodzaje usług.

1. Podstawowe informacje GSM jest jednym ze standardów sieci komórkowych 2 generacji. Transmisja w tym systemie jest całkowicie cyfrowa. Zapewnia to nieporównywalnie większe bezpieczeństwo rozmów niż w systemie 1 generacji (choć obecnie stosowane zabezpieczenia można złamać w stosunkowo krótkim czasie). W obrębie GSM istnieje ustandaryzowany zbiór usług transmisji, protokołów oraz interfejsów. Wraz z systemem GSM wprowadzono karty SIM. Transmisja w systemie GSM opierała się na komutacji kanałów, podstawową usługą oferowaną użytkownikowi była transmisja mowy (rozmowa telefoniczna). Wprowadzoną nowością były wiadomości SMS. promień komórki był przeważnie mniejszy niż w systemach 1 generacji i wynosił do ok. 35 km.

### 2. Podstawowe parametry

- obsługa na wielu pasmach częstotliwościowych od 450 do 1900 mechanizmy
- kanały mają szerokość 200 kHz (pasmo kanału radiowego)
- technika duplexu FDD (Frequency Division Duplex) - duplex z podziałem częstotliwości
- częstotliwości łącza w górę (od terminala ruchomego do stacji bazowej) są zawsze mniejsze od częstotliwości łącza w dół (od stacji bazowej do terminala ruchomego)
- technika wielodostępu TDMA (Time-Division Multiple Access) - zwielokrotnienie czasowe. 8 lub 16 kanałów roboczych (chodzi o kanały rozmówne) na każdy kanał częstotliwościowy
- przepustowość kanału radiowego: 270,8 kb/s (czyli na jeden kanał roboczy przypada 1/8 lub 1/16 tej wartości)
- modulacja GMSK z parametrem  $BT=0,3$  (przy modulacji bierze się pod uwagę 3 bity: bieżący, następny i poprzedni)
- maksymalna przepływność kodera mowy: 13 kb/s. Są też inne możliwości, ale brak spójności pośród materiałów źródłowych
- transmisja danych (faks, teletex - nie mylić z teletekstem, itp.) z szybkościami: 9,6 kb/s; 4,8 kb/s; 2,4 kb/s (w podstawowym wariantcie, nie mówimy tutaj o GPRS czy też EDGE)
- stabilna częstotliwościowa rzędu 0,1 ppm
- liczba kanałów radiowych:
  - GSM 450: 35
  - E-GSM (GSM 900): 124

- DCS (GSM 1800): 374
- przełączanie połączeń - twarde

### 3. Rodzaje usług

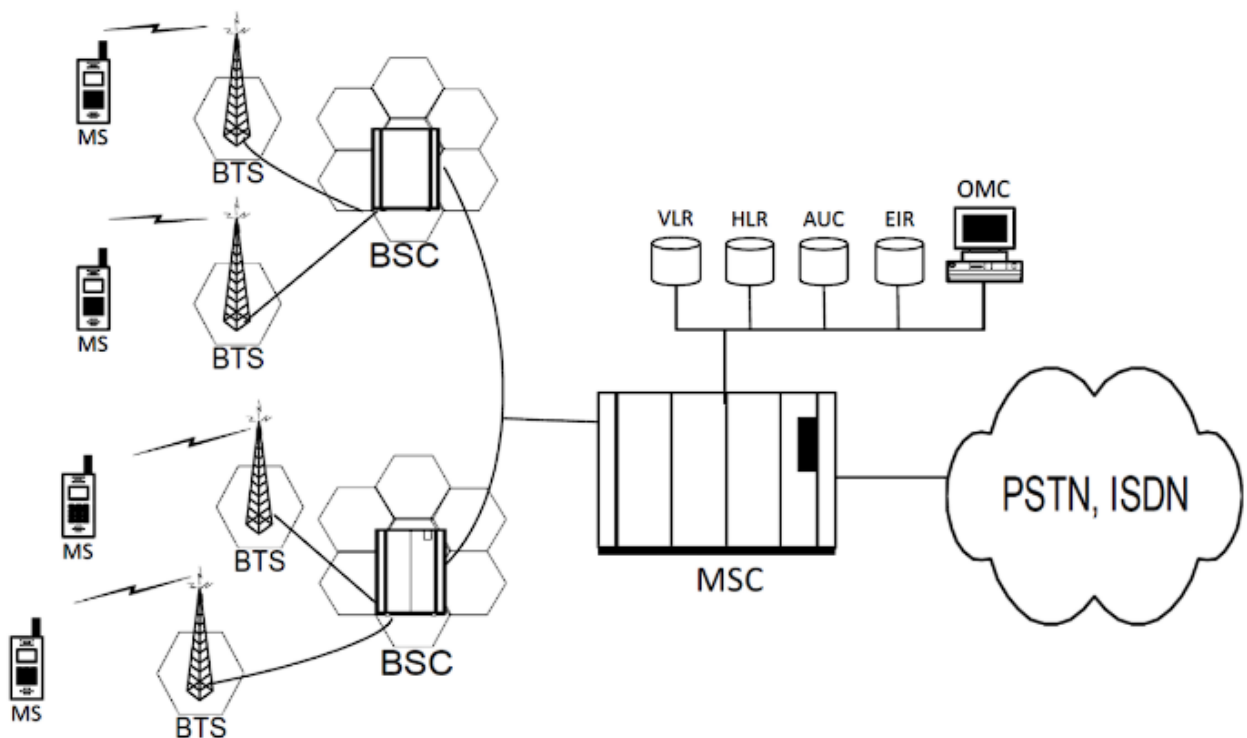
- Usługi podstawowe:
  - transmisja sygnałów mowy
  - transmisja danych (np. faks, teletex, wideotex, transmisja przezroczysta) z maksymalną szybkością 9,6 kb/s
  - transmisja krótkich wiadomości tekstowych SMS
- Usługi dodatkowe:
  - blokowanie wychodzących połączeń
  - telekonferencje
  - zawieszenie trwającego połączenia w celu odbioru nowego połączenia
  - tworzenie zamkniętych grup abonentów, którzy mogą się porozumiewać tylko między sobą
  - chwilowe zawieszanie połączenia w celu poinformowania o jego koszcie
  - przekazywanie rozmów (call forwarding)
  - pauzowanie rozmowy
  - później wprowadzono rozszerzenia do GSM - GPRS oraz EDGE. Obydwa te standardy miały za zadanie wspierać podwyższoną szybkość transmisji danych z wykorzystaniem komutacji pakietów. W EDGE wykorzystywano też inną modulację - 8PSK. Technologia GPRS jest często nazywana 2,5G, a technologia EDGE-2,75G

### 4. Architektura systemu GSM Opis elementów systemu GSM:

- MS - Mobile Station - terminal ruchomy. Urządzenie końcowe po stronie abonenta. Aby realizować poprawnie swoje funkcje, musi połączyć się z pobliską stacją bazową.
- BTS - Base Transceiver Station - stacja bazowa. Pośredniczy w połączeniu stacji ruchomej z systemem GSM i realizuje funkcje nadawczo-odbiorcze. Zawiera od 1 do 16 aparatów nadawczo-odbiorczych, z których każdy obsługuje inną parę kanałów radiowych (w relacjach MS-BTS i BTS-MS). W systemie GSM znaczna część pomiarów związanych z jakością (pomiar mocy średniej, BER) jest realizowana w stacjach ruchomych, dzięki temu koszt stacji bazowej może być niższy niż w przypadku stacji bazowych komórkowych sieci analogowych.
- BSC - Base Station Controller - sterownik stacji bazowych. Steruje i monitoruje pracę wielu stacji bazowych (typowo kilkadziesiąt). Głównym jego zadaniem jest zarządzanie kanałami radiowymi i logicznymi, będącymi w dyspozycji stacji bazowych oraz zapewnienie funkcji komunikacyjnych z centralą radiokomunikacyjną MSC i centrum operacyjno-utrzymawczym OMC.
- MSC - Mobile Switching Center - centrala radiokomunikacyjna. Interfejs między siecią komórkową i PSTN lub ISDN. Spełnia m.in. rolę centrali telefonicznej zdolnej ukierunkować połączenie między abonentem sieci komórkowej i sieci telefonicznej
- HLR - Home Location Register - baza danych HLR przechowuje różne dane dotyczące abonentów zarejestrowanych w obszarze, który jest ich obszarem macierzystym, określonym przez stały adres zamieszkania lub siedzibę firmy. Dane te obejmują m.in. numer telefonu sieci publicznej, dozwolone usługi, z których abonent może korzystać, tajny klucz abonenta niezbędny w procesie uwierzytelniania i szyfrowania, czy też przejściowe informacje, takie jak np. adres VLR, który określa aktualny dostęp do stacji ruchomej.
- VLR - Visitor Location Register - baza danych VLR zawiera dane abonentów aktualnie zarejestrowanych w obszarze pokrytym przez komórki określonej centrali MSC. Są w niej zawarte

najczęściej te same dane jak w bazie danych HLR. O ile baza HLR w momencie przyjazdu gościa nie dopisuje żadnych dodatkowych rekordów, tak baza VLR jest już raczej bazą dynamiczną, zależną od obecnych abonentów-gości.

- AuC - Authentication Center - komputer współpracujący z HLR i VLR, który relizuje przetwarzanie zgodne z algorytmami uwierzytelniania i szyfracji. AuC generuje wiadomości służące do uwierzytelniania abonentów oraz wartości parametrów niezbędnych w procesie szyfracji i deszyfracji.
- OMS - Operation and Maintenance Center - element odpowiedzialny za nadzorowanie pracy podległych mu urządzeń - autodiagnostyka i uruchamianie urządzeń zapasowych w przypadku wykrycia uszkodzeń, archiwizowanie uszkodzeń i błędów w funkcjonowaniu urządzeń. W przypadku niskiej jakości kanału, OMS powiadamia o tym operatora. Ponadto OMC może przysyłać wyniki pomiarów natężenia ruchu oraz o ewentualnych przeciążeniach stacji bazowych. Jeżeli operator zdecyduje się na rozbudowę stacji bazowych, to OMS może zdalnie przeprowadzić rekonfigurację BTS przez BSC



## 5. Filtry cyfrowe o skończonej i o nieskończonej odpowiedzi impulsowej.

Filtr cyfrowy jest algorytmem, który usuwa z sygnału nieporządane składowe

1. FIR (Finite Impulse Response filter) - filtr o skończonej odpowiedzi impulsowej Zalety:

- operacja splotu liniowego współczynników filtru z próbkami sygnału (bardzo prosty algorytm)
- względnie łatwe projektowanie
- typowe filtry mają liniową fazę, a więc stałe opóźnienie dla wszystkich częstotliwości, nie wprowadzają zniekształceń fazowych
- zawsze są stabilne, ponieważ bieguny są położone w punkcie zerowym: jeżeli wyłączymy sygnał wejściowy, po pewnym czasie sygnał na wyjściu również stanie się zerowy
- jest nierekursywny - odpowiedź nie zależy od poprzednich odpowiedzi
- łatwy do implementacji w typowych systemach DSP Wady:

- stosowanie filtrów o dużej długości by zapewnić dobre tłumienie i wąskie pasmo przejściowe
- dużo obliczeń dla "długich" filtrów (zalecane stosowanie szybkiego splotu)
- duża zajętość pamięci (współczynniki, bufor próbek)
- opóźnienie sygnału przez filtry - zwiększa się z długością filtru

Im większa długość filtru tym jest on bliższy idealnemu. Ale są tego wady. Zwiększenie długości filtru powoduje: Zalety:

- węższe pasmo przejściowe
- mniejsze zafalownia w paśmie przepustowym
- większe tłumienie w paśmie zaporowym
- ogólnie bardziej skuteczna filtracja
- Wady:
- więcej obliczeń
- większa zajętość pamięci
- większe opóźnienie między wejściem a wyjściem filtru

Transmitancja filtru FIR w dziedzinie częstotliwości zmiennej zespolonej  $z$  - opóźnieniu sygnału o jedną próbkę odpowiada  $z^{-1}$ :

$$y[n] = h_0 x[n] + h_1 x[n-1] + \dots$$

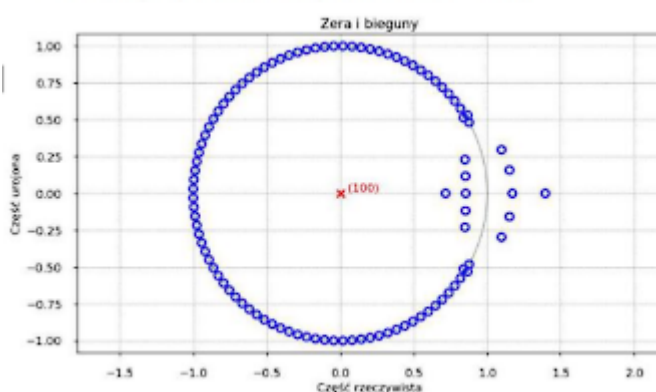
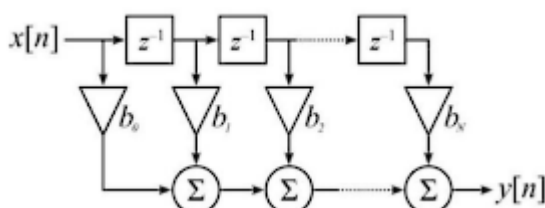
$$H[z] = h_0 z^{-1} + h_1 z^{-2} + \dots$$

Transmitancja może być zapisana też w ten sposób:

$$H(z) = k(1 - q_1 z^{-1})(1 - q_2 z^{-1})(1 - q_3 z^{-1}) \dots (1 - q_{N-1} z^{-1})$$

gdzie:  $k$  - stałe wzmocnienie  $q_1$  - zera transmitancji

Schemat filtru FIR (współczynniki oznacza się czasmi literą  $b$ )



Transmitancja filtru FIR o długości  $N$  posiada:

- $N-1$  zer (w parach zespolonych sprzężonych)
- $N-1$  biegunów położonych w punkcie zerowym  $Z$  tego względu filtry FIR są zawsze stabilne

Przy filtracji używane są okna czasowe (von Hanna, Hamminga, Blackmana, Kaissera). Użycie okna powoduje zwiększenie (polepszenie) tłumienia w paśmie zaporowym. Zmniejszane są zafalowania w paśmie przepustowym. Wytlumienie współczynników na końcach okna powoduje zmniejszenie efektywnej długości filtru - poszerzenie pasma przejściowego. Trzeba to zrekompensować zwiększeniem długości filtru.

Częstotliwość graniczna - granica pomiędzy pasmem przepustowym a zaporowym

Charakterystyka fazowa jest zawsze liniowa. Daje nam to:

- stałe opóźnienie grupowe (ujemna pochodna charakterystyki fazowej). A dzięki temu:
  - jeżeli mamy sygnał o złożonym widmie (np. mowa, muzyka), to wszystkie widmowe są opóźniane przez filtr o tę samą liczbę próbek
  - zależności fazowe między składowymi widmowymi na wyjściu filtru są takie same jak na wejściu
  - liniowofazowy filtr FIR nie wprowadza zniekształceń fazowych - ważna cecha tych filtrów

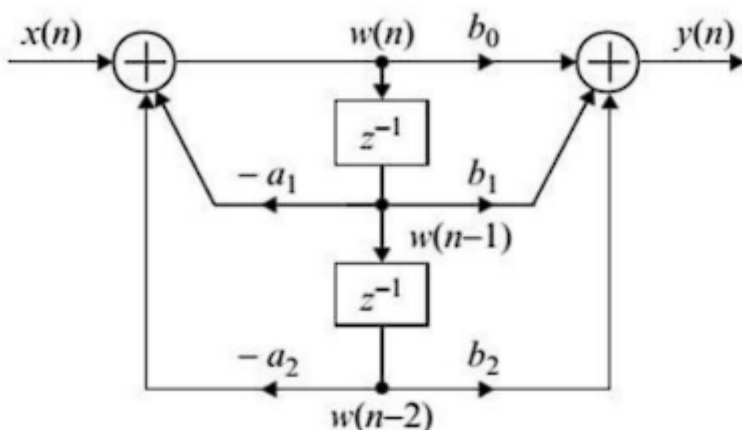
Metoda projektowania okienkowa - prosta, działająca ale nieoptymalna

- projektujemy idealną charakterystykę w dziedzinie częstotliwości
- obliczamy odpowiedź impulsową (IFFT, ale dla typowych charakterystyk bez IFFT)
- przycinamy funkcję okna do żądanej długości
- przesuwamy na osi czasu aby zaczynała się w 0 i gotowe, mamy współczynniki filtru

Jeśli filtr pracuje na sygnale ciągłym, teoretycznie nieskończonym (np. sygnał z mikrofonu):

- można przetwarzać próbkę po próbce, co daje minimalizację opóźnień
- lub przetwarzać blokowo - zebranie bloku próbek i przetwarzanie go na raz, co zwiększa opóźnienie, ale wydajniejsza filtracja (włączamy się z filtracją w pewnym momencie, wcześniej były już próbki, ale mytraktujemy je jako zera, więc pierwsze  $N-1$  wyników jest błędnych, tworzą one stan nieustalony i powinniśmy je odrzucić)

2. IIR (Infinite Impulse Response) - filtr o skończonej odpowiedzi impulsowej - jest układem rekursywnym. Reakcja na pobudzenie o skończonym czasie trwania może być nieskończenie długa - występuje pętla sprzężenia zwrotnego między wyjściem a wejściem. Pozwala na filtrację wybranych zakresów częstotliwości.



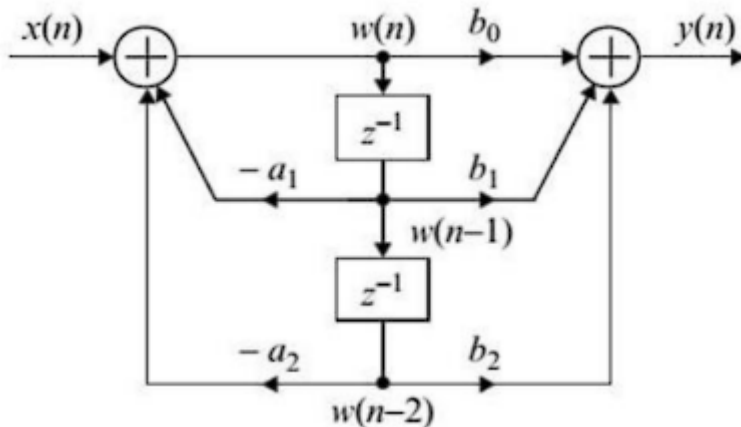


$$w[n] = x[n] - a_1 w[n-1] - a_2 w[n-2]$$

$$y[n] = b_0 w[n] + b_1 w[n-1] + b_2 w[n-2]$$

Metoda projektowania filtru cyfrowego:

- projektujemy filtr analogowy o zadanych parametrach
- wykonujemy przekształcenie dwuliniowe (polegające na przekształceniu transmitancji w dziedzinie "analogowej" zmiennej  $s$  na transmitancję w dziedzinie "cyfrowej" zmiennej  $z$ )
- otrzymujemy transmitancję filtru cyfrowego (współczynniki w liczniku i mianowniku  $H(z)$ )



$N$  - rząd filtru. W filtrach IIR nie posługujemy się już pojęciem długości filtru. Wynik filtracji zależy nie tylko od wartości próbek sygnału wejściowego, ale również od poprzednich wyników filtracji (jest to związane z mianownikiem transmitancji  $\neq 1$ )

Aby dokonać filtracji, filtr musi zapamiętać poprzednie próbki wejściowe i poprzednie wyniki filtracji - jest to pamięć albo stan filtru (filter memory/state). Stan dla filtru rzędu  $N$  musi zawierać  $N$  poprzednich próbek wejściowych oraz  $N$  poprzednich wyników filtracji. Stan filtru musi być aktualizowany po każdej przetworzonej próbce. Ze względu na pętlę sprzężenia zwrotnego, odpowiedź filtru IIR na pobudzenie impulsem może być nieskończona (stąd jego nazwa), ale nie oznacza to, że powinna taka być. Aby filtr mógł działać w praktyce, odpowiedź na skończone pobudzenie musi wygasnąć do zera w skończonym czasie - taki filtr nazywamy stabilnym. Jeżeli ten warunek nie jest spełniony, filtr jest niestabilny i nie nadaje się do użytku. Jeżeli impuls będzie krążył w nieskończoność w pętli z niezmienną amplitudą, filtr jest na granicy stabilności - może mieć pewne zastosowanie, ale nie jako filtr (może np. generować sinus).

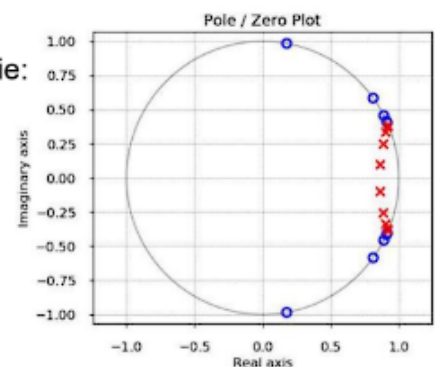
Transmitancję filtru można zapisać także w innej, równoważnej formie:

$$H(z) = k \frac{(z - r_1)(z - r_2) \dots (z - r_N)}{(z - p_1)(z - p_2) \dots (z - p_N)}$$

$r$  - zera transmitancji (miejsca zerowe licznika)

$p$  - bieguny (pole) (miejsca zerowe mianownika)

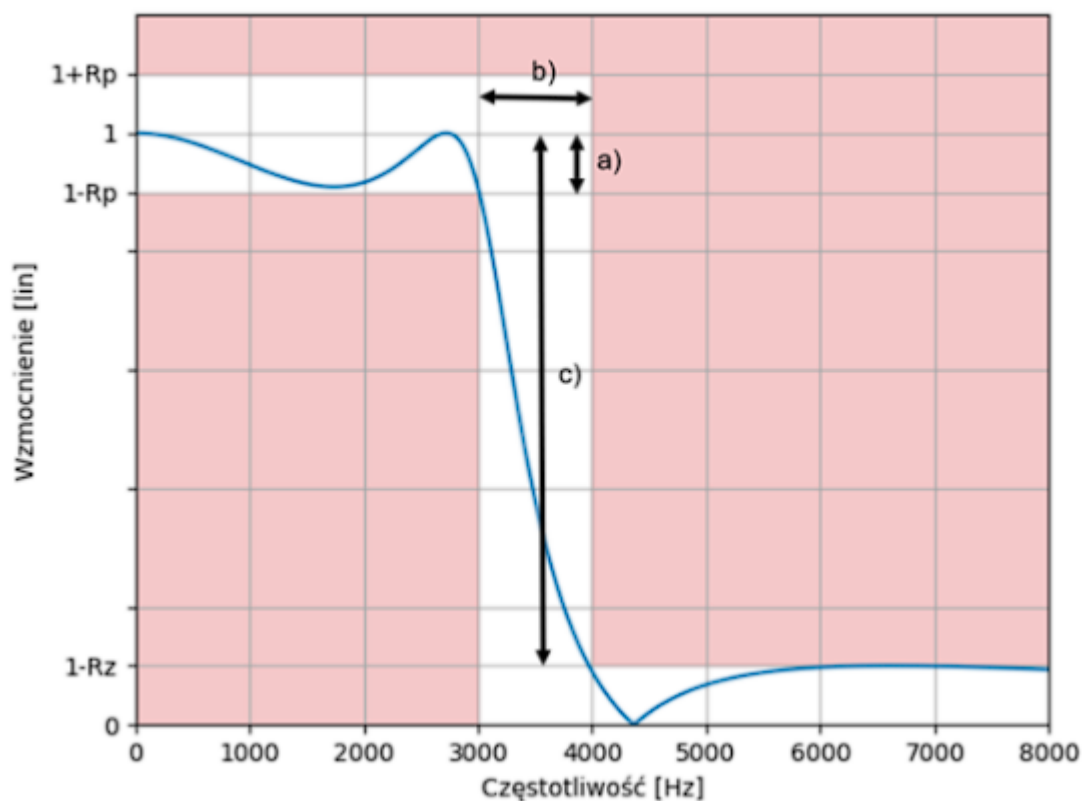
$k$  - stałe wzmocnienie (gain)



Zera i bieguny tworzą pary zespolone sprzężone. Filtr IIR jest stabilny, jeżeli dla wszystkich biegunów  $|p_i| < 1$ . Jeżeli choć jeden biegun nie spełnia tego warunku, wzmocnienie w pętli sprzężenia zwrotnego staje się dodatnie i filtr jest niestabilny.

Projekt wymaga zadania parametrów, opisujących dopuszczalne odchyłki względem idealnego filtru:

- $R_p$  - maksymalne zafalowanie w paśmie przepustowym (maksymalna utrata wzmocnienia w tym paśmie). Najczęściej podawane w dB
- $(f_p, f_z)$  - szerokość pasma przejściowego, czyli częstotliwości graniczne pasma przepustowego i zaporowego. Alternatywnie  $(f_p, N)$  - rząd filtru
- $R_z$  - minimalne tłumienie w paśmie zaporowym, względem pasma przepustowego. Najczęściej podawane w dB



Typy filtrów:

- eliptyczny - najczęściej stosowany. Skuteczne tłumienie, występują zafalowania w obu pasmach
- czybyszewa - brak zafalowań w jednym z pasm, mniej skuteczne tłumienie
- Butterwortha - całkowity brak zafalowań, mniej skuteczne tłumienie

Filtry IIR zniekształcają fazę sygnału. Opóźnienie zależy od częstotliwości. Można dokonać filtracji sygnału filtrem IIR tak aby nie powstały zniekształcenia fazowe, ale pod warunkiem, że mamy cały sygnał do dyspozycji (przetwarzanie offline). Zniekształcenia fazowa nakładają się dwukrotnie, ale z przeciwnym znakiem, zatem kompensują się nawzajem. Jest to filtracja zerofazowa.

Współczynniki filtru zapisujemy ze skończoną precyzją. Kwantyzacja - "dosunięcie" wartości liczby do najbliższej liczby możliwej do zapisania. Różnica wyników między projektowanym a zaprogramowanym filtrem tworzy szum kwantyzacji. Im większy rząd filtru, tym większy szum kwantyzacji (błąd dłużej "krąży" w filtrze). Szum może zwiększyć moduł bieguna powyżej 1 - filtr staje się niestabilny, chociaż został zaprojektowany jako stabilny. Filtry niskich rzędów ( $<8$ ) nie mają zwykle takiego problemu, więc warto je stosować. Dla wyższych rzędów warto stosować strukturę kaskadową (SOS). (Uwaga! - samo zjawisko kwantyzacji dotyczy zarówno FIR jak i IIR, jednak zdecydowanie bardziej może wpłynąć na wyniki IIR co opisano powyżej)

## Zalety IIR:

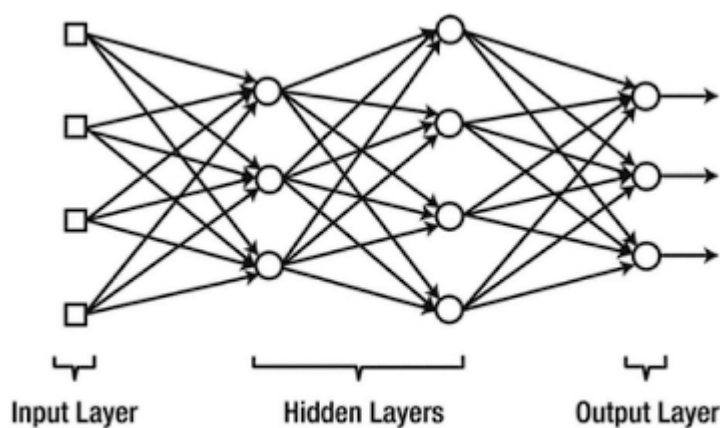
- Pozwalają uzyskać żądany efekt niskim nakładem obliczeniowym (filtry niskiego rzędu)
- nie wymagają dużo miejsca w pamięci
- nie wprowadzają dużych opóźnień związanych z przetwarzaniem
- są proste w implementacji
- są cyfrowym odpowiednikiem filtrów analogowych. Można wykorzystać znane metody projektowania i analizy filtrów

## Wady IIR:

- mają nieliniową charakterystykę fazową. Opóźnienie zależy od częstotliwości. Filtry wprowadzają zniekształcenia fazowe - różne składowe widma mają różne opóźnienia, faza się "rozjeżdża"
- są podatne na błędy numeryczne związane z kwantyzacją współczynników. Mogą one spowodować utratę stabilności filtru. Problem można zmniejszyć stosując strukturę SOS
- projektowanie jest trudniejsze niż dla FIR

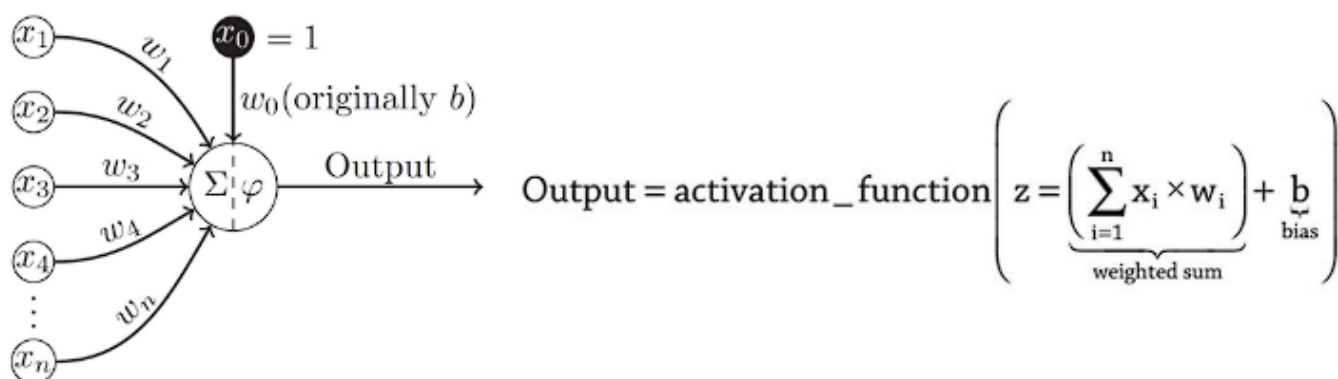
## 6. Zasada działania i rodzaje sztucznych sieci neuronowych.

1. Zasada działania Sztuczne sieci neuronowe (Artificial Neural Networks - ANN) składają się z tworzących sieć prostych elementów (zwanymi sztucznymi neuronami) przetwarzających informacje. ANN rozwiązują skomplikowany, większy problem łącząc komponenty rozwiązanych zadań przez sztuczne neurony. Dla różnych problemów (problem ukryty jest tak naprawdę w dostarczanym zbiorze danych) podczas trenowania sieci odnajdywane są zależności i aproksymowana jest funkcja, która jest odpowiedzią. Warto zaznaczyć, że ANN potrafią rozwiązywać problemy opisane funkcjami nieliniowymi, jak i również takie, których opisanie funkcją nie zawsze jest możliwe, co jest jedną z większych zalet ANN.



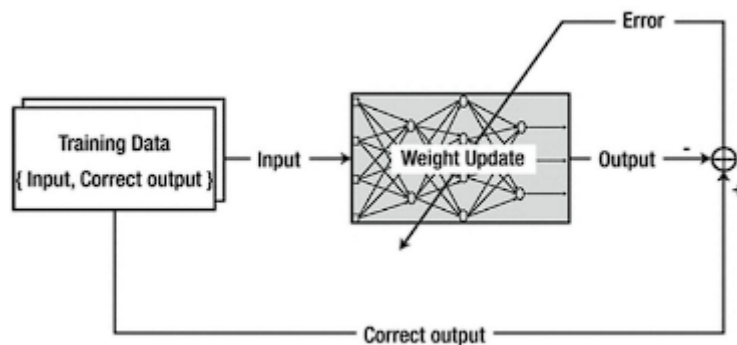
Przechodząc do szczegółów - poniżej został przedstawiony model węzła. Węzeł jest funkcją, która na podstawie danych wejściowych pozwala uzyskać wartość wyjściową. Nieco jaśniej - do węzła docierają wartości liczbowe z węzłów należących do poprzedniej warstwy sieci, na podstawie których obliczana jest suma ważona i dodawana jest również wartość progowa. W konsekwencji argumentem wejściowym funkcji (która de facto opisuje neuron) jest liczba  $(x_1 * w_1 + x_2 * w_2 + \dots + x_n * w_n + b)$ . Następnie na podstawie zapisanej funkcji w węźle obliczana jest wartość funkcji dla podanego argumentu i otrzymujemy wynik  $y$ , który jest następnie przekazywany do neuronów znajdujących się w następnej warstwie lub jeśli omawiany neuron jest neuronem warstwy wyjściowej - otrzymujemy wynik problemu. Istnieje wiele różnych funkcji tzw. funkcji

aktywacji neuronu, a ich wybór zależy od rozwiązywanego problemu - najczęściej stosowane funkcje nieliniowe to m.in. sigmoid, tanh, ReLu.



Kluczowe dla poprawnego funkcjonowania ANN są: duży, odpowiednio dobrany zbiór danych treningowych i parametry sieci (zbiór parametrów to np. liczba warstw ukrytych, liczba węzłów w warstwach ukrytych, funkcja aktywacji, współczynnik nauki, itp. - jeden taki set parametrów nazywany jest architekturą). Cały proces treningu sieci jest po to, aby odszukać optymalne wartości wag ( $w_n$ ) połączeń neuronów i wartości progowych ( $b$  - bias), które spowodują, że w etapie pracy/testowania sieci (czyli po treningu) sztuczna sieć neuronowa będzie w jak największym możliwym stopniu dobrze rozwiązywała problem. Wyróżnia się następujące formy treningów:

- **Uczenie sztucznej sieci neuronowej z nadzorowaniem** Najpopularniejszy sposób treningu ANN. W tym rodzaju treningu uzyskany wynik w warstwie wyjściowej (czyli po przetworzeniu w sieci informacji wejściowej) jest porównywany z dostarczonym w zbiorze danych treningowych wynikiem poprawnym. Na podstawie różnicy wyniku otrzymanego na wyjściu sieci i poprawnego wyniku obliczany jest błąd. Błąd wykorzystywany jest do obliczania i aktualizacji wag połączeń między neuronami i wartości progowych. Innymi słowy musimy mieć zbiór danych wejściowych, dla których znany jest dokładny wynik / klasyfikacja badanego elementu. Powoduje to, że wynik sieci jest nadzorowany przez prawidłową odpowiedź (nauczyciel), która pomaga w ocenie dokładności i poprawy pracy sieci na etapie treningu. Element zbioru uczącego/danych treningowych zawiera {danę wejściową, poprawną odpowiedź}. Przykładem może być algorytm optymalizujący wartości wag - backpropagation (algorytm wczesnej propagacji). Przez zadaną liczbę iteracji przez ANN przechodzi cały dostępny zbiór danych treningowych i na podstawie obliczonego błędu dla jednego wektora wejściowego lub po przeliczeniu odpowiedzi dla większego zbioru wektorów wejściowych (np. 32, 64, 128) obliczany jest błąd, a następnie gradient funkcji kosztu i na tej podstawie od pierwszej warstwy aktualizowane są wartości



wag i wartości progowe.

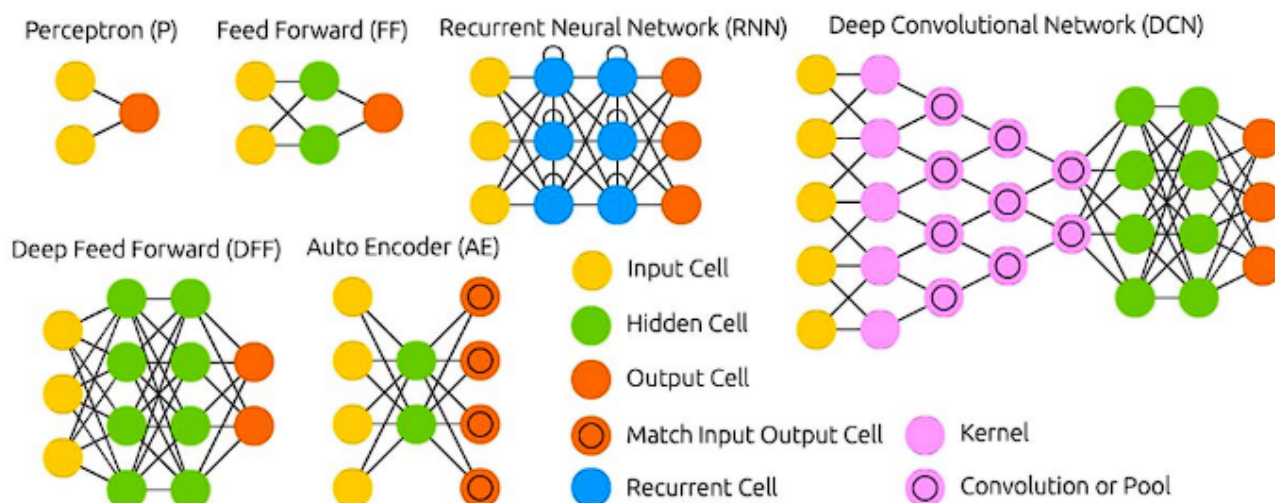
- **uczenie sztucznej sieci neuronowej bez nadzoru** W tym rodzaju ANN uczy się na podstawie dostarczonych danych wejściowych, wyszukuje dobre (z jej punktu widzenia) zależności i dokonuje klasyfikacji podobnych odpowiedzi (takie grupowanie w klastry). Nie występuje tutaj element

weryfikujący postępy treningu. Element zbioru uczącego/danych treningowych zawiera tylko {danę wejściową}.

- uczenie sztucznej sieci neuronowej ze wzmocnieniem Występuje np. przy kontroli robotów czy grach. Agent/rozwiązanie uczy się rozpoznawać środowisko, w którym aktualnie się znajduje. W tego typu rodzaju treningu sieci trudno jest dostarczyć dobry zbiór danych treningowych, więc agent tylko na podstawie informacji zwrotnej ze środowiska w zależności od podjętych przez niego kroków (dobre czy złe) będzie nagradzany. Element zbioru uczącego/danych treningowych zawiera tylko {danę wejściową, jakąś odpowiedź, nagrodę za tę odpowiedź}

2. Rodzaje sztucznych sieci neuronowych Tutaj trzeba mieć na uwadze, że rok w rok przybywa wiele różnych struktur w jakie połączone są sztuczne neurony. Na pewno można podzielić ANN na sieci składające się jedynie z warstwy wejściowej i warstwy wyjściowej (już raczej nie są używane, bo komputery mają większe zdolności obliczeniowe niż kiedyś + takie sieci nie są w stanie rozwiązać skomplikowanych problemów) oraz te składające się z warstwy wejściowej, jednej lub więcej warstw ukrytych i warstwy wyjściowej. ANN z jedną warstwą ukrytą to sieć płaska, a ANN z dwiema lub więcej warstwami ukrytymi to sieć głęboka (liczba warstw ukrytych sieci oraz liczby neuronów w każdej z warstw zależy od rozwiązywanego problemu). Podział może również dotyczyć formy przekazywania informacji pomiędzy neuronami, np.:

- feedforward - struktura jak na rysunku pierwszym odpowiedzi na to pytanie. Sztuczne neurony połączone są między sobą w sąsiednich warstwach ukrytych, a informacje przekazywane są od warstwy wejściowej, przez kolejne warstwy do warstwy wyjściowej (informacje nie powracają do poprzednich warstw)
- rekursywne/rekurencyjne - informacje napływające do neuronu nie pochodzą tylko od neuronów z warstwy poprzedniej ... i formy połączeń neuronów, np.:
- splotowe - przetwarzanie obrazów
- autoenkodery - przetwarzanie mowy



## 7. Przedstaw zasadę pracy systemów echolokacyjnych i zdefiniuj ich podstawowe parametry eksploatacyjne.

Systemy echolokacyjne - system określający parametry (np. położenie) obiektów z wykorzystaniem echa sygnału.

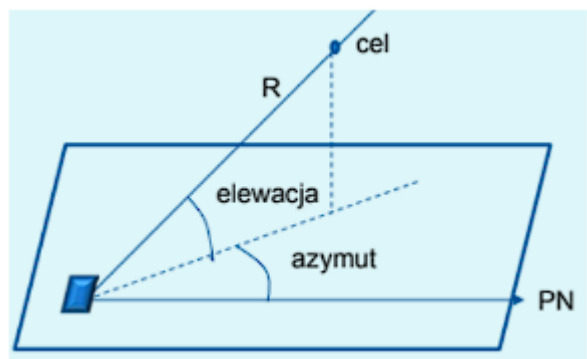
Ze względu na używany fizyczny rodzaj sygnałów systemy echolokacyjne dzielimy na:

- radiolokacyjne używające fal elektromagnetycznych w powietrzu
- hydrolokacyjne używające fal akustycznych w wodzie
- aerolokacyjne używające fal akustycznych w powietrzu
- laserowe używające fal optycznych w powietrzu

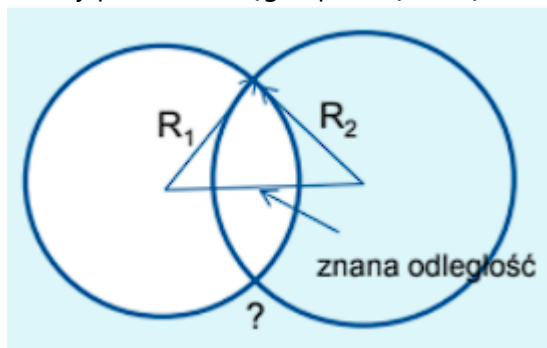
Zasada działania - nadajnik systemu echolokacyjnego wysyła sygnał sondujący. Sygnał ten rozchodząc się w przestrzeni (kanale) natrafia na odległy obiekt (cel), od którego się odbija i jako sygnał echa jest odbierany przez odbiornik systemu. Odbiornik wykrywa sygnał echa i mierzy czas  $t$  od momentu wysłania sygnału sondującego do momentu odebrania sygnału echa. Znając prędkość rozchodzenia się sygnałów  $c$  oblicza się odległość celu od systemu jako  $R = ct/2$

W systemach echolokacyjnych stosuje się fale elektromagnetyczne (w radarach), akustyczne (w sonarach, echosondach) lub sygnał optyczny w systemach laserowych (lidar, ladar). Im większa częstotliwość pracy, tym krótszy zasięg.

Położenie celu wyznacza się zwykle we współrzędnych biegunowych określających namiar. Namiarem mogą to być np. kąty azymutu (względem północy) i elewacji (względem powierzchni ziemi). Układem odniesienia mogą być współrzędne geograficzne lub lokalne (samolot, statek lub dowolny pojazd).



Pomiar kierunku dokonuje się wykorzystując kierunkowe nadawanie i/lub odbiór sygnałów przez anteny systemu echolokacyjnego. Znacznie rzadziej zamiast kierunkowego nadawania i odbioru położenie celu na płaszczyźnie wyznacza się z pomiaru dwóch odległości (tak jak na rysunku niżej, czyli obliczona odległość tworzy promień okręgu i przecięcie się dwóch okręgów daje dwa możliwe położenia, więc niefortunnie).



#### Podstawowe zadania

- wykrycie celu w obserwowanej przestrzeni (detekcja) - polega na stwierdzeniu, czy w danym momencie odbiera sygnał echa, czy zakłócenia
- określenie położenia celu (lokalizacja) - względem systemu echolokacyjnego odbywa się głównie poprzez pomiar jego odległości i namiarów, czyli kątów między kierunkiem, na którym leży wykryty cel,

a osiami układu odniesienia.

- oszacowanie wybranych parametrów celu (estymacja parametrów) - polega na określeniu wielkości celu, jego prędkości, kierunku echa, itp. Informacje o tych parametrach zawarte są niekiedy w sygnale echa i mogą być z niego wydobyte
- klasyfikacja celu - to zaliczenie go do szerokiej (gorzej) lub wąskiej (lepiej) klasy obiektów. Np. wykryty cel to statek (szeroka klasa) lub wykryty obiekt to kuter (wąska klasa).
- identyfikacja celu - to przyporządkowanie go do bardzo wąskiej klasy obiektów np. samolot Boeing 737 lub dokładniej o numerze

#### Podstawowe parametry eksploatacyjne systemów echolokacyjnych

- zasięg - nazywamy maksymalną odległość, z której system wykrywa z założonym prawdopodobieństwem określony cel w istniejących warunkach propagacyjnych. Zależy on od parametrów technicznych systemu, parametrów wykrywanego obiektu (siła celu), warunków propagacji fal w ośrodku oraz prawdopodobieństwa detekcji i fałszywego alarmu
- dokładność pomiaru odległości - wartość tego parametru zależna jest od dwóch zmiennych wykorzystywanych w poniższym wzorze. Ewentualne błędy mogą być spowodowane dynamicznymi i lokalnymi zmianami prędkości propagacji  $c$  w ośrodku, rozchodzeniem się fal po liniach krzywych oraz niejednoznacznością w momencie przyjścia impulsu echa (niedokładna wartość zmiennej  $T$ )

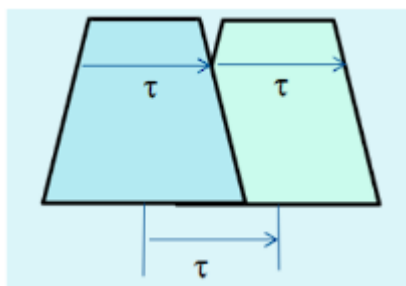
$$R = cT/2$$

gdzie:  $c$  - prędkość fali w ośrodku  $T$  - czas między momentem emisji impulsu sondującego i momentem odbioru sygnału echa

- dokładność określenia namiaru - jest to maksymalny błąd między rzeczywistym namiarem a namiarem zamierzonym. Dokładność określenia namiaru zależy przede wszystkim od szerokości charakterystyki kierunkowej (wiązki) i jest tym lepsza im jest ona węższa.
- rozdzielczość głębina - rozdzielczością głębina nazywamy najmniejszą odległość jednakowych celów (punktowych) obserwowanych pod tym samym kątem, przy której sygnały echa są rozróżnialne

$$\Delta R = \frac{c\tau}{2} = \frac{c}{2B}$$

$\tau$  - czas trwania impulsu echa  $B$  - szerokość widma sygnału



- rozdzielczość kątowa - rozdzielczością kątową nazywamy najmniejszy kąt między celami punktowymi, przy którym na wyjściu odbiornika możemy rozróżnić dwa oddzielne echa. Przyjmuje się zwykle, że rozdzielczość kątowa jest równa szerokości wiązki. (Jednak należy pamiętać, że istnieją metody poprawiające rozdzielczość kątową)
- sektor kątowy - jest to sektor, w którym dokonuje się przeszukiwania
- czas przeszukiwania obszaru - przy pewnym położeniu wiązki obserwujemy przestrzeń stożkową o kątach wierzchołkowych  $\theta$  (horyzontalny) i  $\varphi$  (wertykalny), które są umownymi szerokościami kątowymi



wiązki oraz przez zasięg systemu R. Czas potrzebny na przeszukanie szerszego sektora kąowego ( $\Theta, \Phi$ )

$$T = t \cdot \frac{\Theta}{\theta} \cdot \frac{\Phi}{\varphi}$$

wynosi co najmniej: Jak można zauważyć jest to po prostu wyznaczenie stosunku między kątami i przemnożenie tych stosunków przez wartość t.

Przy założonym zasięgu i zachowanej rozdzielczości, czas przeszukania obszaru skraca się tyle razy, ile jest równocześnie wytworzonych wiązek - w stosunku do systemu jednowiązkowego. Oznacza to że zwiększenie ilości wiązek będzie skracać czas przeszukiwania obszaru.

## 8. Omów budowę, właściwości i zastosowania wielowiązkowych systemów echolokacyjnych.

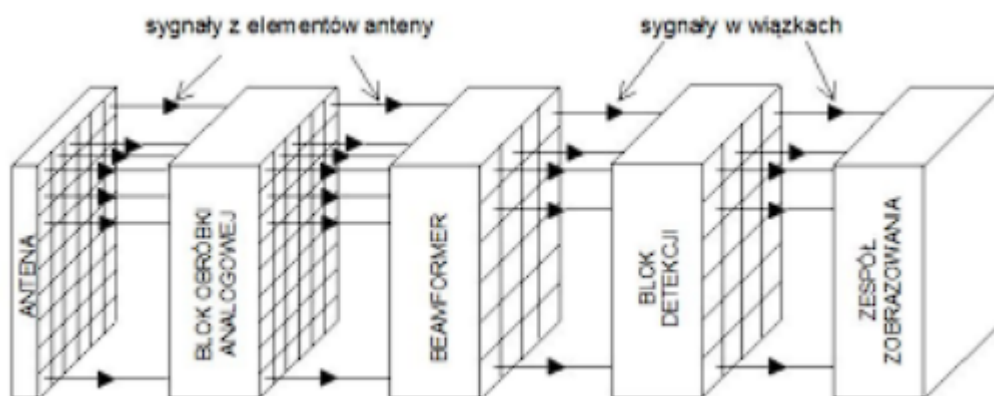
Za pomocą anteny nadawczej wysyłany jest sygnał sondujący (sygnał ten ma określoną szerokość wiązki, która to determinuje nam przeszukiwany sektor). Sygnał ten zostaje odbity (od dna, przeszkód, obiektów) i powraca jako sygnał, zwany sygnałem echa.

1. Budowa Sygnał echa rejestrowany jest przez wiele anten odbiorczych o różnych charakterystykach kierunkowych. Docierające do anten odbiorczych składowe sygnały mają różne parametry (np. moc, fazę, częstotliwość czy też opóźnienie). W wielowiązkowych systemach hydrolokacyjnych wykorzystywane są wieloantenowe anteny liniowe/płaskie/cylindryczne.

W bloku obróbki analogowej odbywa się wzmacnianie, filtrowanie, detekcja kwadraturowa (przesuwa widmo sygnału do pasma podstawowego z zachowaniem fazy odbieranych sygnałów). Sygnały te przetwarzane są przez blok obróbki analogowej na postać cyfrową. BOA jest urządzeniem wielokanałowym, a liczba niezależnych kanałów jest równa liczbie niezależnych elementów anteny.

Beamformer to wielowiązkowy filtr przestrzenny, przetwarza sygnały w celu wytworzenia zespołu odchylonych wiązek, które to stanowią wstępne zobrazowanie przeszukiwanego obszaru. Głównym zadaniem jest określenie kierunku przyścia fali, lecz dokonuje również przestrzennej filtracji szumu akustycznego emitowanego przez ośrodek wodny. Jest to główny powód dla którego beamformer jest umieszczony przed blokiem detekcji. Po odszumieniu sygnału łatwiej wykonuje się detekcję.

Zadaniem bloku detekcji jest odpowiednie zinterpretowanie otrzymanego obrazu (np. detekcja i klasyfikacja obiektów). Zespół zobrazowania pozwala na prezentację otrzymanych wyników (np. na ekranie komputera)

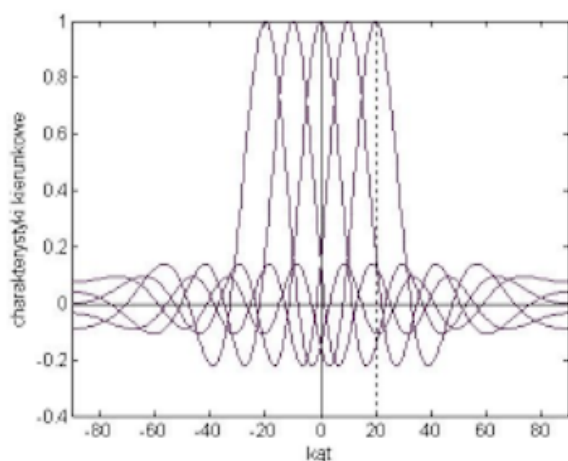


### 2. Właściwości

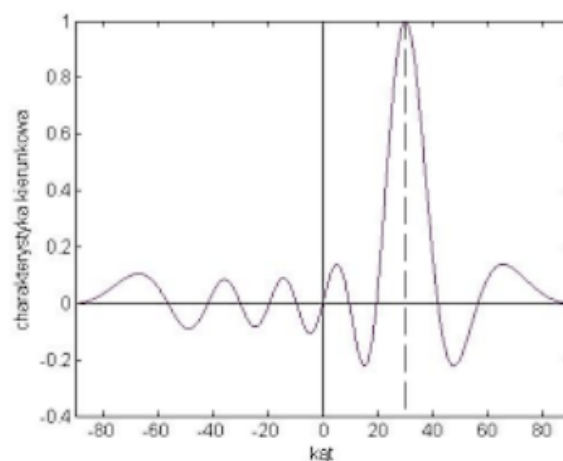
- beamforming stosowany jest tylko i wyłącznie w odbiornikach



- dużą dokładność określenia kąta zapewniają wąskie wiązki, a dobrą rozdzielczością - właściwe zachodzenie na siebie sąsiednich wiązek
- wiązki przylegają do siebie i pokrywają cały założony kątowy sektor obserwacji (duża szerokość kątowa obserwacji)
- przy założonym zasięgu i zachowanej rozdzielczości, czas przeszukania obszaru skraca się tyle razy, ile jest równocześnie wytworzonych wiązek - w stosunku do systemu jednowiązkowego
- liczba niezależnych kanałów BOA i beamformera jest równa liczbie niezależnych elementów anteny
- zazwyczaj wiązki odchylają się o całkowitą wielokrotność kąta równego szerokości wiązki centralnej - rys. 1
- gdy beamformer wytwarza odchylone wiązki tylko w płaszczyźnie poziomej lub tylko w płaszczyźnie pionowej, wówczas liczba kanałów jest równa odpowiednio liczbie kolumn lub liczbie wierszy anteny. Zwiera się wówczas elementy anteny w wierszach lub kolumnach i otrzymuje antenę liniową (w celu wytworzenia jednej odchylonej wiązki, w każdym kanale opóźnia się sygnał tak, aby opóźnienie we wszystkich kanałach było jednakowe. Wszystkie opóźnione sygnały sumuje się i otrzymuje sygnał w danej odchylonej wiązce. Wiązka odchyła się o zadany kąt i ulega poszerzeniu - wniosek: nie należy stosować zbyt szerokiego sektora jednoczesnej obserwacji - rys. 2)
- w szyku punktowym zbyt duża odległość punktów powoduje pojawienie się listków dyfrakcyjnych przy odchyleniu wiązek. Charakterystyka kierunkowa pojedynczego elementu zmniejsza poziom listków dyfrakcyjnych



Rys. 1



Rys. 2

### 3. Zastosowania w systemach

- systemy hydrolokacyjne (ze względu na małą prędkość propagacji) do obrazowania dna morskiego
- systemy radiolokacyjne (w celu uniknięcia obrotu mechanicznego dużych anten)
- diagnostyka ultradźwiękowa (w celu uniknięcia obrotu mechanicznego przetwornika)

### 4. Zastosowania na przykładach

- wykrycie obiektu (celu) - detekcja
- określenie położenia obiektu - lokalizacja
- określenie parametrów celu (wielkości, prędkości) - estymacja parametrów
- klasyfikacja (np. okręt podwodny) i identyfikacja obiektu (np. typ okrętu)

## Pytania dla Systemów Wbudowanych Czasu Rzeczywistego

## 1. Wymień 3 główne typy silników krokowych i scharakteryzuj jeden z nich.

- Silnik skokowy (krokowy) - urządzenie elektromechaniczne (synchroniczny silnik elektryczny), zamieniający impulsy elektryczne na dyskretny ruch mechaniczny
- Oś silnika obraca się w sposób dyskretny - skokami, w takt impulsów elektrycznych przyłożonych do jego uzwojeń według ściśle odpowiedniej sekwencji:
  - kierunek obrotu zależy od kolejności ich pojawienia się
  - prędkość obrotowa jest wprost proporcjonalna do ich częstotliwości
  - całkowity kąt obrotu jest bezpośrednio związany z ich liczbą
- Znajdują zastosowanie w układach, gdzie wymagana jest regulacja prędkości obrotowej i położenia kąтового, bez potrzeby stosowania sprzężenia zwrotnego
- Praca w pętli otwartej oznacza, że nie jest potrzebna informacja zwrotna. Ten typ sterowania eliminuje potrzebę stosowania drogich czujników oraz licznych elementów układu sprzężenia zwrotnego. Położenie wirnika jest znane, gdyż może być łatwo znana liczba wysłanych impulsów sterujących
- w przypadku liniowych silników krokowych mamy do czynienia z dyskretnymi przesunięciami liniowymi

### Zalety silników krokowych:

- kąt obrotu wału silnika jest wprost proporcjonalny do liczby impulsów
- silnik ma pełen moment w położeniu stacjonarnym wirnika, (jeśli przez jego uzwojenia płynie prąd - są w stanie wzbudzenia)
- precyzyjne pozycjonowanie i powtarzalność położenia, gdyż dobry silnik krokowy ma dokładność 3-5 % wartości
- doskonała odpowiedź na start-stop-rewersja
- wysoka niezawodność - nie ma części trących (szczotek). Trwałość silnika zależy jedynie od trwałości jego łożysk
- możliwość pracy w pętli otwartej, co czyni sterowanie jego pracą prostszym i tańszym
- umożliwia osiągnięcie bardzo małych, synchronicznych prędkości obrotowych bez przekładni
- duży zakres prędkości obrotowych

### Wady:

- prędkość obrotowa i przyspieszenia nie mogą być tak duże jak w silnikach prądu stałego pracujących w układach ze sprzężeniem zwrotnym
  - szkodliwe rezonanse w pewnych zakresach prędkości obrotowej
  - oscylacje powstające przy końcu skoku

### 1. Najbardziej ogólny podział silników krokowych - ze względu na rodzaj ruchu:

- obrotowe
- liniowe

### 2. Podstawowe rodzaje obrotowych silników krokowych:

- silniki o zmiennej reluktancji (oporze magnetycznym)
- silniki z magnesem trwałym
- silniki hybrydowe

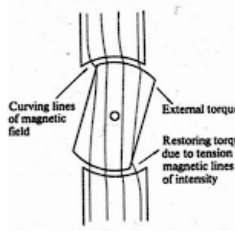
#### 4. Silnik krokowy o zmiennej reluktancji - VR

- ten typ silnika jest znany najdłużej
- posiada wielozębny wirnik, wykonany ze stali magnetycznie miękkiej oraz stojan, na którym nawinięte są uzwojenia
- wzbudzenie uzwojeń prądem stałym powoduje powstanie biegunów magnetycznych. Obrót nastąpi, gdyż najbliższe zęby wirnika przemieszczą się do powstałych biegunów - silnik dąży do minimalizowania reluktancji

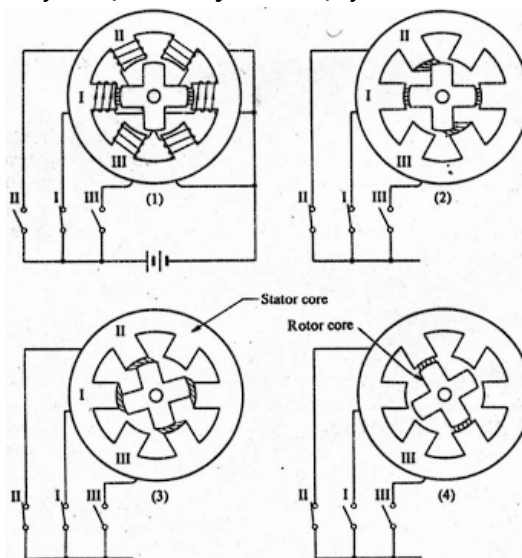
Zasada działania silnika skokowego VR o trzech fazach (3 fazy, 6 zębów stojana, 4 zęby wirnika):



a) stan równowagi - zasilana jedna faza [5],



b) moment przywracający [5],



c) przemieszczenie kątowe wirnika o 30° w odpowiedzi na zmiany prądów fazowych [5].

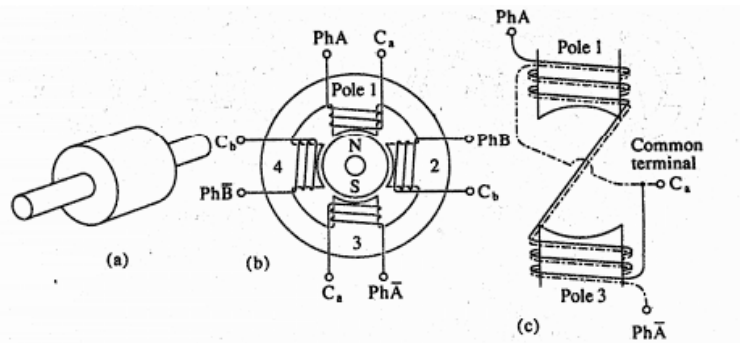
- dla silnika VR liczba skoków na jeden obrót  $S$  powiązana jest z liczbą "zębów" wirnika  $N_r$  i liczbą faz  $m$ :

$$S = mN_r$$

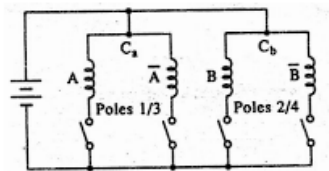
- typowa liczba faz dla silnika ze zmienną reluktancją: 3, 4 i 5
- uzwojenia jednej fazy nawinięte na przeciwległych zębach i połączone szeregowo (ewentualnie równolegle), ale ze zmianą kierunku nawinięcia

#### 5. Silnik krokowy z magnesem trwałym - PM

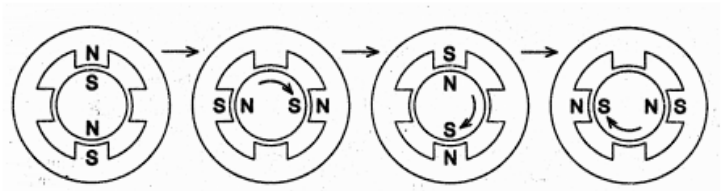
- wirnik tego silnika ma rozłożone promieniście bieguny z magnesów trwałych - ich liczba zależy od modelu silnika
- trwale namagnesowane bieguny wirnika powodują zwiększenie natężenia strumienia magnetycznego i z tego powodu silniki te charakteryzują się większym momentem niż silniki VR



Elementarny silnik skokowy z magnesem trwałym: a) wirnik, b) aranżacja uzwojeń stojana, c) stosowane w praktyce nawinięcie bifilarne [5].



Układ sterujący dla dwufazowego silnika PM [5].



Skoki w dwufazowym silniku PM [5].

- bifilarne uzwojenia jednej fazy nawinięte są na przeciwległych zębach i połączone szeregowo (rys), a ich środek wyprowadzony jest na zewnątrz
- aranżacja uzwojeń umożliwia sterowanie uniwersalne - biegunowość pola magnetycznego danej fazy zmienić można albo poprzez zmianę kierunku prądu w całym uzwojeniu (wyprowadzenia PhA i PhA-bar), albo załączając tylko jedną połówkę (C\_aPhA lub C\_aPhA-bar) bez zmiany kierunku prądu (rys)
- 2 fazy, 4 zęby (bieguny) stojana, 2 bieguny wirnika
- dla silnika PM liczba pełnych kroków na jeden obrót S powiązana jest z liczbą "par zębów" wirnika N\_r i liczbą faz m:

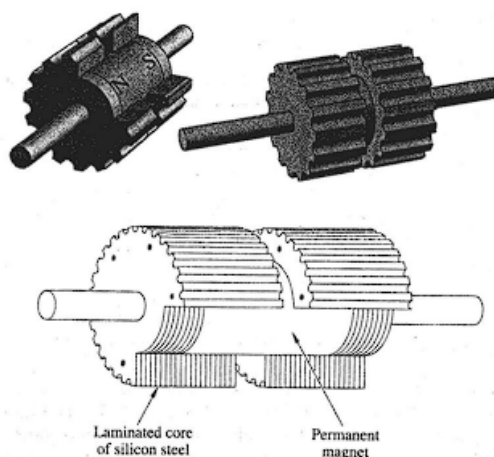
$$S = 2mN_r$$

- w przykładzie: N\_r=1 i m=2, czyli S=4 i kąt skoku wynosi 90 stopni
- typowa liczba faz dla silnika PM: 2, 4 i 5

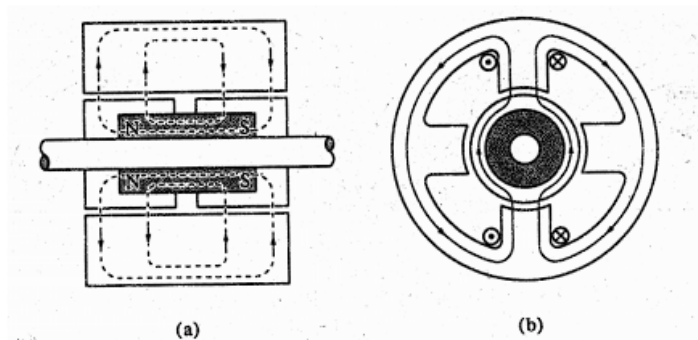
## 6. Silnik krokowy hybrydowy - HB

- ten typ silnika jest droższy niż silnik PM, lecz posiada lepsze parametry: większa liczba kroków na obrót, większy moment i prędkość obrotowa
- łączy w sobie właściwości obu poprzednich typów (VR, PM), dla osiągnięcia małego kąta skoku, dużej prędkości obrotowej i dużego momentu przy małych gabarytach
- stojan podobny jak w silniku VR
- wirnik zbudowany jest z osiowo namagnesowanego magnesu trwałego, na którego końcach osadzone są uzębione, magnetycznie miękkie nabiegunniki ze stali, przesunięte (obrócone) względem siebie o 1/2

zęba

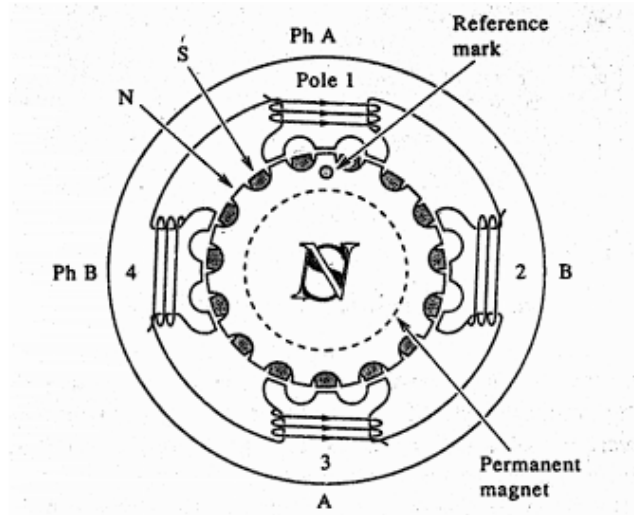


Struktura wirnika w hybrydowym silniku skokowym [5].



Pola magnetyczne w silniku hybrydowym: a) wirnika, b) stojana [5].

Naczęściej stosowane są dwufazowe silniki hybrydowe. Przykład:



Kierunek strumienia magnetycznego w biegunach stojana określany jest regułą prawej dłoni: „Jeżeli uzwojenie obejmujemy prawą dłonią tak, że palce wskażą kierunek prądu, to kciuk (odchylony od dłoni o 90°) wskaże kierunek pola magnetycznego”.

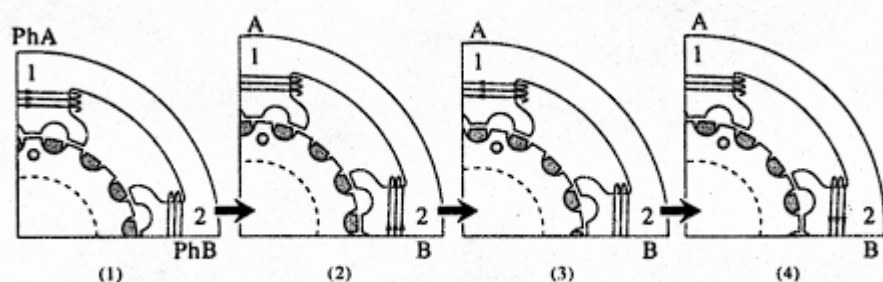
Przekrój poprzeczny przez dwufazowy, hybrydowy silnik skokowy [5]:

- stojan o 4 biegunach, wytwarzanych przez uzwojenie fazowe: A (bieguny 1 i 3) oraz B (bieguny 2 i 4)
- wirnik o 15 nabiegunnikach (drugich 15 jest przesuniętych o pół zęba)
- dla silnika hybrydowego:

$$S = 2mN_r$$

- w przykładzie  $m=2$ ,  $N_r=15$  i  $S = 60$  (kąt skoku wynosi 6 stopni)

Działanie przykładowego silnika prześledzić można na schemacie:



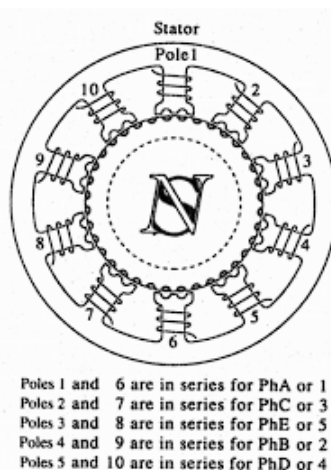
Przemieszczenia kątowe wirnika przy pełnym cyklu pobudzeń fazowych [5]:

- (1) załączony prąd fazy A - zęby N (S) wirnika zgodne z zębami bieguna 1 (3) stojana, oznakowany ząb wirnika przy środkowym zębie bieguna 1 stojana
- (2) załączony prąd fazy B - zęby S (N) wirnika zgodne z zębami bieguna 2 (4) stojana po przemieszczeniu kątowym o  $1/4$  zęba
- (3) załączony prąd fazy A, ale w kierunku przeciwnym - zęby S (N) wirnika zgodne z zębami bieguna 1 (3) stojana po skoku o  $1/4$  zęba
- (4) załączony prąd fazy B, ale w kierunku przeciwnym - zęby N (S) wirnika zgodne z zębami bieguna 2 (4) stojana po skoku o  $1/4$  zęba

Wśród dwufazowych silników hybrydowych najbardziej rozpowszechniona jest konstrukcja z 8 biegunami stojana (każdy z nich ma 5 zębów) i 50 zębami wirnika. Przy  $m=2$  (po 2 pary biegunów stojana na fazę) i  $N_r=50$  znamionowy kąt skoku wynosi  $1,8$  stopnia ( $S=200$ )

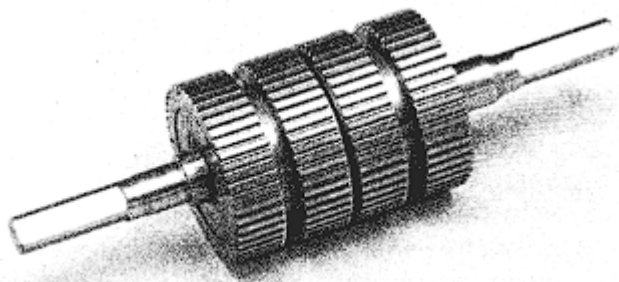
Na bazie konstrukcji 200-skokowej dwufazowej można zbudować silnik 4-razowy (dzieląc 8 biegunów stojana pomiędzy 4 fazy) o  $S=400$ , ale takie rozwiązanie stosowane jest rzadko ze względu na duży koszt sterownika.

Trójfazowe silniki hybrydowe są mało popularne. Znacznie częściej stosowane są pięciofazowe silniki hybrydowe. Takie rozwiązanie jest też droższe niż dwufazowe, lecz ma znacznie lepsze własności dynamiczne. Łatwo też uzyskać tu duże "okrągłe" wartości  $S$ . Najczęściej stosuje się  $N_r=50$  lub  $100$  - otrzymujemy wtedy  $S=500$  lub  $1000$ .



Przekrój poprzeczny przez pięciofazowy, hybrydowy silnik skokowy o 36 zębach wirnika ( $m=5$ ,  $N_r=36$   $S=360$ ) [5].

Dla zwiększenia momentu konstruuje się silniki hybrydowe z wirnikami w postaci wirników elementarnych:



Dwupakietowy wirnik silnika hybrydowego [5].

7. Nieobowiązkowo: Reluktancja - rezystancja magnetyczna / opór magnetyczny obwodu magnetycznego - opór stawiany strumieniowi magnetycznemu na drodze przepływu Pojęcie reluktacji jest analogiczne do rezystancji w obwodach elektrycznych. Reluktancja jest skalarem. Całkowita reluktancja jest



stosunkiem siły elektromotorycznej w pasywnym obwodzie magnetycznym do całkowitego strumienia magnetycznego w tym obwodzie. Jednostką reluktancji w układzie SI jest  $\text{henr}^{-1}$

Materiały magnetycznie miękkie - umowna grupa materiałów wykazujących własności ferromagnetyczne. Pożądanymi parametrami materiału magnetycznie miękkiego są:

- duża przenikalność magnetyczna, pozwalająca uzyskać duże wartości indukcji magnetycznej przy użyciu małego prądu magnesowania
- jak najmniejsza stratność, pozwalająca na wysokosprawne przetwarzanie energii
- duża indukcja nasycenia, pozwalająca na uzyskanie jak największej siły mechanicznej
- duża rezystywność w celu zmniejszenia strat mocy powodowanych prądami wirowymi
- odpowiednie własności mechaniczne (w zależności od zastosowania)

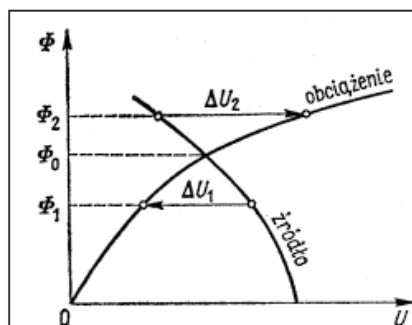
Uzwojenie bifilarne - rodzaj uzwojenia nawiniętego jednocześnie dwoma przewodami, które są połączone szeregowo, ale przeciwsobnie, co powoduje znoszenie się indukcyjności obydwu części uzwojenia

## 2. Wymień i scharakteryzuj elementy urządzenia wykonawczego.

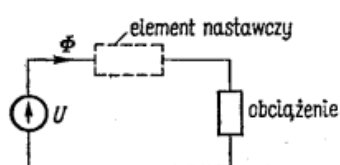
W urządzeniu wykonawczym wyróżnia się zwykle 3 elementy:

### 1. Element nastawczy (nastawnik)

- jest ściśle związany z obiektem regulacji, steruje wielkością nastawiającą
- bezpośrednio wpływa na określony strumień materiałowo-energetyczny, więc najczęściej jest to:
  - zawór lub zasuwa w rurociągu doprowadzającym ciecz/gaz
  - dozownik materiału (np. pyłu węglowego do paleniska w kotle)
  - pompa o zmiennym wydatku
  - dławik nasycany w obwodzie elektrycznym
- nastawnik jest niekiedy integralną częścią regulacji
- ponieważ wpływa na obiekt za pośrednictwem swojego położenia (zawór) lub prędkości ruchu (dozownik), łączy się go z odpowiednim elementem napędowym
- umożliwiają oddziaływanie na przepływ materiału lub energii do/z obiektu w celu sterowania przebiegiem procesu technologicznego
- dobór nastawnika: zapewnienie potrzebnego zakresu zmian wielkości nastawiającej  $Y$



Rys.8.1. Charakterystyki źródła i obciążenia obwodu przepływu strumienia



Rys.8.2. Schemat obwodu zastępczego

- rodzaje elementów nastawczych:
  - impedancyjne (zawór, zasuwa, rezystor, dławik nasycony w obwodzie elektrycznym)
  - generacyjne (np. pompa o zmiennym wydatku)
- najczęściej stosowanym nastawnikiem jest zawór o konstrukcji zależnej od rodzaju obiektu regulacji.  
Najczęściej stosowane rodzaje:

- jednogniazdowe i dwugniazdowe
- zwykłe i wysokociśnieniowe
- proste lub kątowe
- trójdrogowe mieszające i rozdzielające

## 2. Element napędowy (siłownik)

- zapewnia uzyskanie siły niezbędnej do przestawienia nastawnika
- najczęściej są to silniki:
  - pneumatyczne (duża szybkość, duża moc)
    - sterowane powietrzem z regulatora pneumatycznego
    - zalety:
      - prosta budowa (i obsługa) oraz niższa cena niż w przypadku siłowników elektrycznych
      - bezpieczne. Stosowane zwłaszcza w przemyśle chemicznym, szczególnie w przypadku pracy w warunkach zagrożenia wybuchem
      - dodatkowe atuty: duża szybkość przestawiania, łatwo dostępna funkcja automatycznego otwarcia/zamknięcia (przy zaniku zasilania)
    - służą głównie do sterowania elementami nastawczymi z trzpienie obrotowym o kącie obrotu 0-90/180 stopni (przepustnic, zaworów kulowych, itp.) oraz o ruchu liniowym, ale istnieją także wersje 3-położeniowe (np. 0-90-180 stopni) i wieloobrotowe
    - w większości przypadków siłowniki pneumatyczne są stosowane do pracy typu zamknij-otwórz
    - istnieją dwie podstawowe grupy siłowników:
      - siłowniki dwustronnego działania: zamknięcie i otwarcie jest osiągane przy pomocy medium sterującego
      - siłowniki jednostronnego działania: medium sterujące operuje tylko w jedną stronę, po jego zaniku siłownik samoczynnie (przy pomocy umieszczonych w nim sprężyn) wraca do zadanego położenia
    - rodzaje siłowników pneumatycznych:
      - membranowe
      - tłokowe
      - silniki wirowe
  - hydrauliczne (mała szybkość, bardzo duża moc)
    - współpracują z regulatorami o wyjściu hydraulicznym
    - tarcie powoduje, że powstaje strefa martwa
    - własności całkujące, ale możliwe jest osiągnięcie proporcjonalności po zastosowaniu sprzężenia zwrotnego od położenia tłocyska, zmniejszeniu ulega też wtedy strefa martwa
    - wykonywane przeważnie jako silniki tłokowe dwustronnego działania
  - elektryczne (prądu stałego, zmiennego, liniowe i krokowe)



### 3. Wzmacniacz mocy

- stosowany, gdy moc wyjściowa regulatora jest za mała na to, aby bezpośrednio zasilać siłownik lub nim sterować
- są różne dla różnych typów elementów napędowych
- pneumatyczne WM często wbudowane są element napędowy (siłownik z ustawnikiem), czasami jednak występują jako element oddzielny
- hydrauliczne WM stosowane są przede wszystkim w siłownikach elektrohydraulicznych i przeważnie stanowią ich część
- WM potrzebne są zwłaszcza przy regulatorach o wyjściu elektrycznym. Wtedy często ich zadaniem jest konwersja sygnału sterującego do postaci odpowiedniej dla zastosowanego elementu napędowego, np.:
  - sterowanie z PWM silników elektrycznym prądu stałego
  - sterowanie przy pomocy falownika pracą silnika prądu zmiennego, przy zasilaniu ze źródła napięcia stałego
  - napęd dyskretny przy wykorzystaniu silnika skokowego

### 4. UWAGI

- z trzech wymienionych elementów urządzenia wykonawczego zawsze konieczny jest nastawnik
- element napędowy nie jest potrzebny przy elementach nastawczych nieruchomych (np. przy dławiku nasyconym)
- potrzeba użycia wzmacniacza mocy zależy od mocy wyjściowej regulatora
- możliwe są zestawienia uproszczone:
  - element nastawczy - wzmacniacz mocy (np. w serwomechanizmach)
  - element nastawczy - element napędowy
  - tylko element nastawczy

## 3. Opisz cechy szczególne wyróżniające procesory sygnałowe.

Cyfrowy procesor sygnałowy (ang. DSP) - układ elektroniczny wyspecjalizowany w cyfrowym przetwarzaniu sygnałów, zwykle wykonywanym "w czasie rzeczywistym", w odróżnieniu od procesorów ogólnego przeznaczenia (CPU)

Dlaczego procesor sygnałowy a nie ogólnego przeznaczenia?

- architektura i lista rozkazów wyspecjalizowana jest do przetwarzania próbek cyfrowego sygnału
- zwykle niskie częstotliwości taktowania, zwłaszcza w procesorach stałoprzecinkowych
- małe zużycie energii w porównaniu do mikroprocesora
- małe rozmiary - możliwość zastosowania w systemach wbudowanych
- stosunek czasu przetwarzania do "kosztów" (zużycia zasobów) znacznie lepszy niż dla mikroprocesora

Kiedy zastosujemy procesor sygnałowy:

- do złożonego przetwarzania sygnału w czasie rzeczywistym
- jako element urządzenia (np. aparatu fotograficznego)
- przy konieczności niskiego zużycia energii (np. zasilanie z baterii)
- gdy przetwarzanie składa się z typowych operacji przetwarzania sygnału (filtry, FFT, itp.)

Procesory sygnałowe stosujemy zazwyczaj do przetwarzania sygnałów "na żywo" ("w trybie online"):

- sygnał jest nieskończony - nowe próbki cały czas napływają
- każda próbka musi zostać przetworzona zanim nadejdzie kolejna (przetwarzanie w czasie rzeczywistym, próbka po próbce)
- ewentualnie, próbki mogą być przetwarzane po zebraniu ich wymaganej liczby (np. przetwarzanie blokowe podczas obliczania FFT)

Algorytmy uruchamiane na DSP wykorzystują podstawowe procedury przetwarzania sygnału:

- mnożenie, dodawanie, operacje logiczne (również wykonywane wektorowo)
- przekształcenia Fouriera (FFT) i kosinusowe (DCT)
- splot / filtracja FIR
- korelacja, autokorelacja
- filtracja IIR
- mnożenie macierzy Procesor sygnałowy jest zoptymalizowany do wykonywania tych operacji. Na ich podstawie budowane są złożone algorytmy, np. kompresji sygnału

## 4. Opisz typy systemów czasu rzeczywistego.

Systemy czasu rzeczywistego (ang. Real-Time Systems) to systemy komputerowe, które muszą reagować na zdarzenia lub dane w ściśle określonych ramach czasowych. W takich systemach ważna jest nie tylko poprawność obliczeń, ale także ich wykonanie w odpowiednim czasie. Istnieją różne typy systemów RT, klasyfikowane na podstawie rygoru czasowego:

### 1. Twarde systemy czasu rzeczywistego (Hard Real-Time Systems)

- są to systemy, w których niedotrzymanie ograniczenia czasowego prowadzi do katastrofalnych konsekwencji, takich jak awaria sprzętu, zagrożenie życia, czy poważne straty finansowe
- przykłady zastosowań:
  - systemy sterowania lotem w samolotach
  - systemy kontroli reaktorów jądrowych
  - systemy medyczne, np. monitorowanie urządzeń podtrzymujących życie
- charakterystyka:
  - wszystkie zadania muszą zostać zakończone zawsze w określonym czasie
  - priorytet czasowy jest absolutny
  - wysoka niezawodność i deterministyczność

### 2. Miękkie systemy czasu rzeczywistego (Soft Real-Time Systems)

- są to systemy, w których przekroczenie ograniczeń czasowych nie prowadzi do katastrofy, ale może skutkować obniżeniem jakości usługi
- przykłady zastosowań:
  - systemy do przesyłania multimediów (streaming video, VoIP)
  - gry komputerowe w czasie rzeczywistym
  - obsługa transakcji bankomatowych
- charakterystyka:
  - wykonanie zadania w określonym czasie jest pożądana, ale niekoniecznie
  - przekroczenie czasu może spowodować np. opóźnienia, ale system wciąż działa
  - priorytet czasowy jest elastyczny

### 3. Twardo-miękkie systemy czasu rzeczywistego (Firm Real-Time Systems)

- są to systemy, które są pośrednie między twardymi a miękkimi systemami RT. Przekroczenie ograniczeń czasowych nie prowadzi do katastrofy, ale wynik opóźnionego zadania staje się bez wartości
- przykłady zastosowań:
  - systemy radarowe (jeśli przetwarzanie danych trwa zbyt długo, stracone dane są ignorowane)
  - systemy obsługi zamówień w czasie rzeczywistym
- charakterystyka:
  - zadania muszą być wykonane w odpowiednim czasie, w przeciwnym razie ich rezultat jest pomijany
  - brak "kar" za pojedyncze niedotrzymanie czasu, ale częste opóźnienia mogą prowadzić do problemów

### 4. To już chyba nad wyrost (z chata) - Systemy hybrydowe

- systemy, które łączą cechy różnych typów systemów RT. Mogą zawierać zadania o różnych poziomach krytyczności, zarówno twardych jak i miękkich
- przykłady zastosowań:
  - systemy autonomicznych pojazdów (zadania krytyczne, np. sterowanie hamulcami są twarde, a zadania mniej ważne jak odtwarzanie multimedialnych są miękkie)
  - systemy kosmiczne (sterowanie lotem i zbieranie danych naukowych)
- charakterystyka:
  - zadania są klasyfikowane według ich krytyczności i odpowiednio przydzielane zasoby

### 5. To już chyba nad wyrost (z chata) - systemy wbudowane RT

- systemy, które są integralną częścią urządzeń i są zaprojektowane, aby działać w specyficznych zastosowaniach RT
- charakterystyka:
  - dopasowanie do konkretnych urządzeń
  - zoptymalizowane pod kątem niskiego zużycia zasobów

## 5. Wyjaśnij pojęcie systemu wbudowanego (ang. embedded system).

Jest to wyspecjalizowany system komputerowy zaprojektowany do wykonywania określonego zadania lub zestawu zadań w ramach większego urządzenia. Jest to zintegrowane rozwiązanie, które łączy oprogramowanie i sprzęt w celu zapewnienia konkretnej funkcji.

### Charakterystyka

- zadania wyspecjalizowane - systemy wbudowane są projektowane do wykonania ściśle określonych funkcji, np. sterowania pralką, działaniem poduszek powietrznych, czy zarządzania transmisją w urządzeniach sieciowych
- ograniczone zasoby - systemy te często działają na sprzęcie o ograniczonej mocy obliczeniowej, pamięci i energii
- zintegrowane z urządzeniem - system wbudowany jest fizycznie i logicznie częścią większego systemu, np. telewizora, lodówki, samochodu, drona, itp.
- czas rzeczywisty - często muszą działać w czasie rzeczywistym, co oznacza, że reakcje systemu muszą nastąpić w ściśle określonym czasie

- systemy zamknięte lub częściowo otwarte - w większości przypadków systemy wbudowane są "zamknięte", co oznacza, że użytkownicy końcowi nie mogą ich bezpośrednio modyfikować lub instalować własnego oprogramowania
- efektywność energetyczna - ze względu na częste zastosowanie w urządzeniach zasilanych bateryjnie (np. urządzenia IoT), systemy te są optymalizowane pod kątem niskiego zużycia energii
- wykonuje skończoną liczbę zadań, w skończonym czasie, w większym systemie (który zwykle nie jest komputerem)
- dobrze zaprojektowany system zapewnia jednocześnie wymagane opóźnienia i przepustowość, minimalizując jednocześnie: zasoby sprzętowe, złożoność oprogramowania, rozmiar i pobór mocy

Istnieją 3 kategorie w zależności od potrzeb energetycznych:

- zasilane baterią (np. przenośne urządzenia audio) - maksymalizacja długości życia baterii, minimalizacja rozmiaru
- stałej mocy (np. aparaty telefoniczne) - maksymalizacja wydajności przy stałej, ograniczonej mocy
- systemy high-density (np. systemy wysokiej wydajności obliczeniowej i systemy wieloprocessorowe) - maksymalizacja wydajności energetycznej (ciepło)

Podstawowa architektura systemu wbudowanego:

- sensor - mierzy wielkość fizyczną i konwertuje ją na sygnał elektryczny. Zapisuje zmierzoną wartość w pamięci
- konwerter C/A - zamienia sygnał analogowy na sygnał cyfrowy
- jednostka obliczeniowa - przetwarza dane i zapisuje je do pamięci. Może nią być:
  - mikrokontroler
  - mikroprocesor
  - procesor CISC/RISC
  - procesor DSP
  - System on a Chip (SoC)
  - układy konfigurowalne
- konwerter C/A - zamienia sygnał cyfrowy na sygnał analogowy
- element wykonawczy - urządzenie mechaniczne występujące w układach regulacji, które na podstawie sygnału sterującego wypracowuje sygnał wejściowy do obiektu regulacji. Porównuje wyjście z konwertera C/A z wartością oczekiwaną

HPEC (ang. High Performance Embedded Computing)

- wysoki poziom funkcjonalności systemów przetwarzania sygnałów i obrazów
- systemy do zastosowań militarnych

6. Narażenia zagrażające aparaturze z komputerami wbudowanymi - rodzaje, główne źródła, sposoby przeciwdziałania.

7. Zasady rozprowadzania zasilania obwodów w aparaturze z komputerami wbudowanymi - odsprężanie, filtracja zakłóceń.

8. Automatyczne regulacje w układach z otoczenia komputerów wbudowanych - rodzaje, cele stosowania, sposoby realizacji.

## 9. Funkcje elementów systemu operacyjnego Linux dla systemu wbudowanego: toolchain, bootloader, jądro, system plików.

1. Toolchain - zestaw narzędzi do kompilacji kodu źródłowego do plików wykonywalnych na platformie docelowej:

- kompilator
- linker
- biblioteki współdzielone

Za pomocą narzędzi toolchain można zbudować podstawowe elementy OS dla systemu wbudowanego:

- program rozruchowy (bootloader)
- jądro systemu (kernel)
- system plików (root filesystem)

Elementy toolchain:

- Binutils - narzędzia binarne: assembler, linker, ld
  - GCC - kompilatory C i innych języków jak: C++, Objective-C, Objective-C++, Java, Fortran, Ada i Go
  - Biblioteka C - ustandaryzowane API zgodne ze specyfikacją POSIX
2. Bootloader - inicjalizuje platformę sprzętową oraz ładuje jądro systemu. Jest to program rozruchowy, który inicjalizuje system i ładuje jądro OS do pamięci. Uruchamianie systemu polega na przejściu kilku faz, w których coraz więcej zasobów jest dostępnych dla programu rozruchowego.

Ostateczny rezultat pracy bootloadera to:

- jądro systemu operacyjnego załadowane do pamięci RAM
- uruchomione środowisko wykonawcze dla jądra (linia poleceń jądra systemu)
- jądro systemu dostaje wskaźnik do informacji o platformie sprzętowej

Dodatkowo bootloader dostarcza trybu serwisowego do:

- aktualizacji konfiguracji procesu boot-owania
- ładowania nowych obrazów programów rozruchowych do pamięci
- diagnostyki

Kiedy jądro OS rozpoczyna wykonywanie swojego programu, bootloader nie jest już dłużej potrzebny

Sekwencja rozruchowa - współcześnie:

- Faza 1 - kod ROM. Uruchamiany po włączeniu zasilania, jest zapisany w SoC podczas produkcji, potrafi zaadresować małą przestrzeń pamięci SRAM dostępnej w SoC, ładuje SPL. Kod ROM ładuje niewielki program rozruchowy do SRAM z:
  - pierwszych stron pamięci NAND flash
  - pamięci flash dołączonej przez SPI
  - pierwszych sektorów urządzenia MMC (karty SD)
  - strumienia bajtów z interfejsu Ethernet, USB lub UART
- Faza 2 - Secondary program loader (SPL). Uruchamia m.in. kontroler pamięci by móc załadować kolejną część programu rozruchowego do pamięci DRAM, czyta program z urządzeń jak kod ROM lub z pliku,

zwykle nie pozwala na żadną interakcję z użytkownikiem ale drukuje w konsoli informację o wersji i postępie

- Faza 3 - Teritary program loader (TPL). Pełny program rozruchowy, prosta linia poleceń użytkownika (polecenia typu załaduj nowy obraz jądra do pamięci), efektem jego działania jest jądro OS w pamięci. W systemach wbudowanych programy rozruchowe są usuwane z pamięci po uruchomieniu jądra OS
- Faza 4 - jądro OS w pamięci

Sekwencja rozruchowa - rozruch z programem układowym UEFI:

- Faza 1 - procesor ładuje UEFI boot manager firmware z pamięci flash. Możliwa jest interakcja z użytkownikiem przez interfejs tekstowy lub graficzny
  - Faza 2 - Boot manager ładuje boot firmware z EFI System Partition lub z dysku twardego/SSD
  - Faza 3 - Bootloader ładuje jądro OS do pamięci
3. Kernel - jądro - serce systemu, zarządza zasobami i komunikuje się ze sprzętem Jądro jest częścią systemu operacyjnego odpowiedzialną za zarządzanie zasobami i komunikację ze sprzętem.

Główne zadania jądra:

- zarządzanie sprzętem - obsługuje urządzenia peryferyjne (np. porty szeregowo, czujniki, kamery) za pomocą sterowników
  - zarządzanie procesami - tworzy, planuje i monitoruje procesy uruchamiane w systemie. Przydziela zasoby takie jak pamięć czy czas procesora
  - zarządzanie pamięcią - rozdziela pamięć RAM pomiędzy różne procesy, obsługuje wirtualną pamięć, co pozwala na optymalne wykorzystanie zasobów
  - obsługa systemów plików - umożliwia odczyt i zapis danych na różnych typach systemów plików
  - komunikacja między procesami IPC - zapewnia mechanizmy wymiany danych między aplikacjami, np. komunikaty, pulsy, sygnały
  - zarządzanie i obsługa przerwań
  - zarządzanie czasem rzeczywistym
  - dostarczanie API z użytecznym poziomem abstrakcji dla programów w przestrzeni użytkownika
4. Root filesystem - biblioteki i programy uruchamiane w systemie System plików to struktura logiczna, która organizuje sposób przechowywania i dostępu do danych na urządzeniach pamięci masowej

Funkcje:

- przechowywanie plików systemowych i użytkownika - zawiera pliki systemowe (np. binaria jądra, sterowniki) i aplikacje użytkownika
- organizacja danych - dane są przechowywane w logicznej strukturze hierarchicznej (katalogi, podkatalogi)
- wsparcie dla różnych typów pamięci - systemy wbudowane często używają specyficznych systemów plików zoptymalizowanych dla pamięci flash
- udostępnianie narzędzi systemowych - system plików zawiera narzędzia użytkowe, takie jak interpretery powłok oraz biblioteki dynamiczne
- kompresja i minimalizacja - systemy plików w systemach wbudowanych są często kompresowane aby zmniejszyć ich rozmiar i zaoszczędzić miejsce w pamięci

Po zamontowaniu głównego systemu plików jądro uruchamia pierwszy program: init Program init rozpoczyna przetwarzanie skryptów i uruchamia inne programy poprzez wywołania funkcji biblioteki, które z kolei dokonują

wywołań systemowych

Główny system plików - minimum:

- init - uruchamia pierwsze skrypty i programy
- powłoka (shell) - środowisko do wykonywania skryptów oraz linia poleceń użytkownika
- demony - programy uruchamiane w tle
- biblioteki - statyczne i współdzielone
- pliki konfiguracyjne - jako pliki tekstowe ASCII
- węzły urządzeń - pliki specjalne umożliwiające dostęp do sterowników i urządzeń
- /proc i /sys - wirtualne systemy plików reprezentujące dane jądra OS

Organizacja katalogów - OS nie wymaga specjalnej organizacji plików i katalogów (poza nazwą programu init= i rdinit=). Takiej specjalnej organizacji mogą jednak oczekiwać uruchamiane programy.

- /bin - podstawowe pliki wykonywalne dostępne dla wszystkich użytkowników (np. cat, ls, cp)
- /dev - pliki urządzeń
- /etc - pliki konfiguracji OS
- /lib - biblioteki dla programów z katalogów /bin i /sbin
- /proc - wirtualny system plików proc informujący o stanie systemu i poszczególnych procesów, w większości pliki tekstowe.
- /sbin - pliki wykonywalne do zarządzania systemem
- /sys - wirtualny system plików sysfs
- /tmp - pliki tymczasowe, których stan nie jest gwarantowany po zamknięciu systemu
- /usr - tzw. drugorzędna hierarchia dla danych. Dane tylko do odczytu
- /var - pliki często ulegające zmianom podczas działania OS, takie jak: logi, bazy danych, tymczasowe pliki e-mail

10. Opisz metory pomiarowe stosowane w radarze meteorologicznym.