

# Techniki i systemy bezprzewodowe

## Wykład 1

Janusz Młynarczyk  
Katedra Elektroniki AGH

### Wykład - harmonogram i zasady

- W ciągu semestru odbędzie się 14 wykładów. Tematyka pierwszych 7 wykładów:
  - Podstawy
  - Bezprzewodowe sieci komputerowe („Wi-Fi”)
  - Kanał radiowy
  - Systemy telefonii komórkowej
  - System TETRA
- Obecność na wykładach
- Egzamin:
  - Warunkiem koniecznym i niezbędnym dopuszczenia do egzaminu jest posiadanie przez Studenta zaliczenia z laboratorium
  - W przypadku nieobecności Studenta na egzaminie, jeżeli do dwóch dni po terminie tego egzaminu przedstawi on zwolnienie lekarskie (np. prześle je e-mailem) to w protokole egzaminacyjnym egzaminator nie dokona żadnego wpisu, co oznacza, że Student nie traci terminu. Przy braku zwolnienia lekarskiego, egzaminator w protokole, w miejscu do tego przeznaczonym, wpisze „nb”, czyli „nieobecny”, co jest równoważne utracie przez Studenta jednego terminu
  - W przypadku przystąpienia do egzaminu i nie zdania go, egzaminator wpisuje studentowi do protokołu egzaminacyjnego ocenę „niedostateczny”
  - Egzamin będzie przeprowadzony w formie testu wielokrotnego wyboru.
  - Na egzaminie można mieć przy sobie tylko i wyłącznie przybory do pisania. Telefon komórkowy, kalkulator, inne urządzenia elektroniczne oraz wszelkie pomoce naukowe należy pozostawić poza salą egzaminacyjną. W przeciwnym przypadku Student będzie musiał opuścić salę egzaminacyjną i straci ten termin, a w protokole egzaminacyjnym zostanie wpisana ocena „niedostateczny”

## Laboratorium – harmonogram

### Techniki i systemy bezprzewodowe 2020/2021

tydzień	poniedziałki	wykłady	wtorki, środy i piątki	laboratoria
1.	1. III	J. Młynarczyk	2., 3. i 5. III	P. Rzeszut /J. Młynarczyk (1h)
2.	7. III	J. Młynarczyk	9., 10. i 12. III	P. Rzeszut /J. Młynarczyk (3h)
3.	15. III	J. Młynarczyk	16., 17. i 19. III	P. Rzeszut /J. Młynarczyk (3h)
4.	22. III	J. Młynarczyk	23., 24. i 25. III	P. Rzeszut /J. Młynarczyk (3h)
5.	29. III	J. Młynarczyk	30., 31. III i 9. IV	P. Rzeszut /J. Młynarczyk (3h)
6.	12. IV	J. Młynarczyk	13., 14. i 16. IV	P. Rzeszut /J. Młynarczyk (3h)
7.	19. IV	J. Młynarczyk	20., 21. i 23. IV	W. Ludwin (40 minut)
8.	26. IV	W. Ludwin	27., 28. i 30. IV	nie ma zajęć
9.	10. V	W. Ludwin	4., 5. i 7. V	W. Ludwin (120 minut)
10.	17. V	W. Ludwin	11., 12. i 14. V	nie ma zajęć
11.	24. V	W. Ludwin	18., 19. i 21. V	W. Ludwin (120 minut)
12.	31. V	W. Ludwin	25., 26., 28. V i 1., 2. VI	nie ma zajęć
13.	7. VI	W. Ludwin	8., 9. i 11. VI	W. Ludwin (80 minut)
14.	14. VI	W. Ludwin	16 czerwca (środa) ostatni dzień zajęć semestru letniego – zajęcia odbywają się, na mocy decyzji (3/2021) dziekana WIEiT, wg harmonogramu z piątku, lecz nie dotyczy to przedmiotu TiSB, z którego wykłady (w liczbie 28h) kończą się 14 czerwca, a laboratoria (w liczbie 24h) – w dniu 11 czerwca.	

Dlaczego do łączności bezprzewodowej wykorzystujemy fale radiowe?

W jaki sposób przesłać informację drogą radiową?



Fale nośnikiem informacji

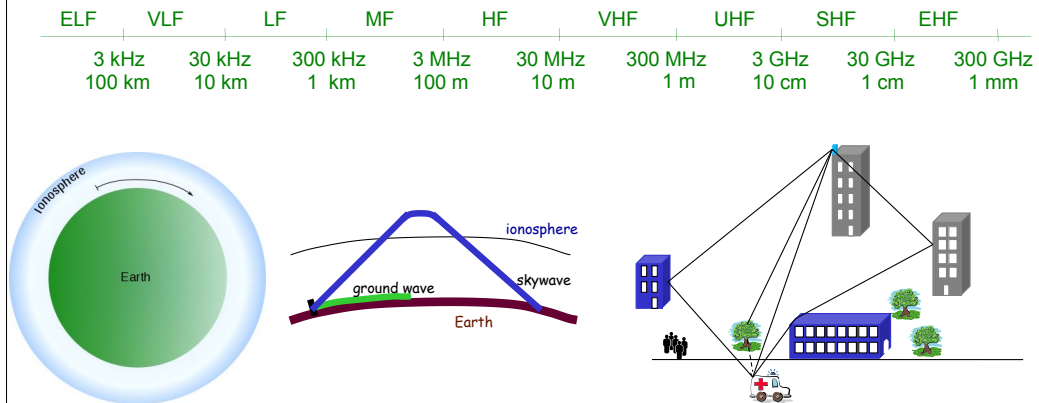
- 1/ zamiana sygnału akustycznego na sygnał elektryczny
- 2/ zamiana sygnału analogowego na cyfrowy 0101011100010101101
- 3/ przesłanie bitów za pomocą odpowiednio zmodyfikowanej fali radiowej
  - przygotowanie strumienia danych do transmisji
  - nałożenie informacji na sygnał elektryczny (modulacja)



$$s(t) = A \cos(2\pi f t + \varphi)$$

- zwiększenie częstotliwości sygnału,
- zamiana sygnału dużej częstotliwości na falę radiową przy pomocy anteny

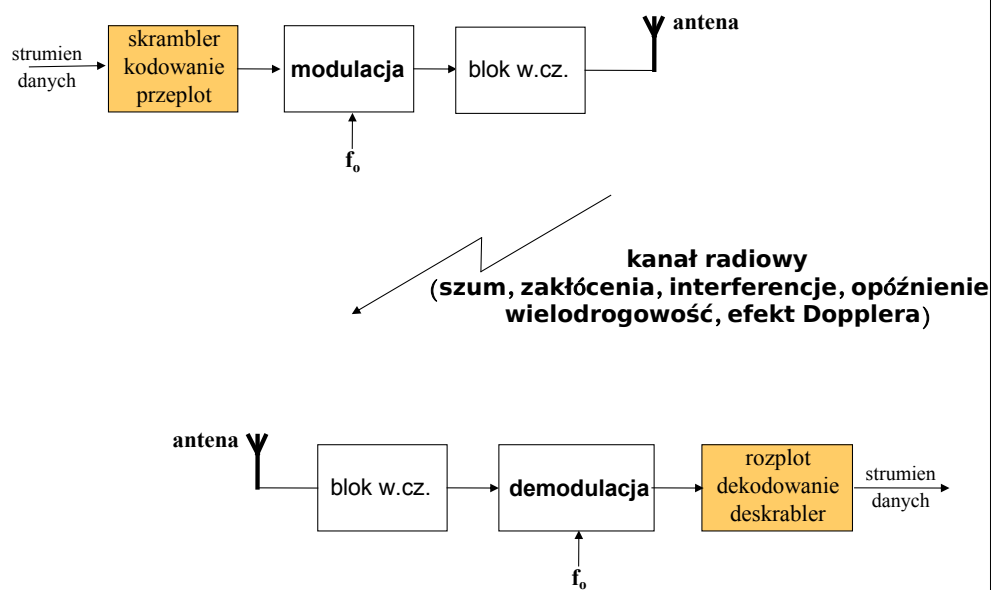
## Zakresy fal radiowych i ich wykorzystanie



🧐 Dlaczego w popularnych systemach (telefonia komórkowa, Wi-Fi) wykorzystujemy bardzo duże częstotliwości?

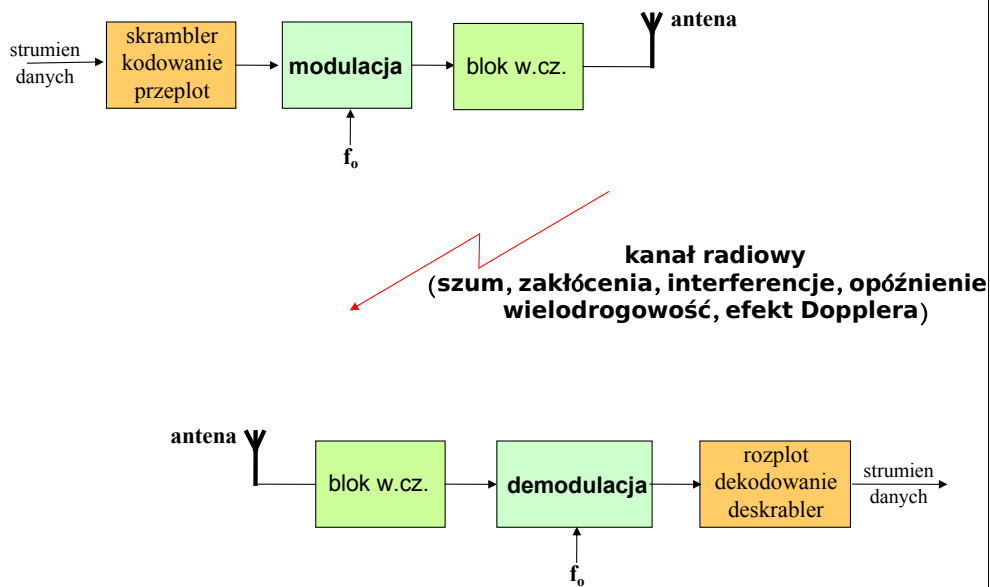
J. Młynarczyk

## Tor radiowy - wybrane zagadnienia



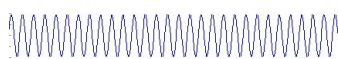
J. Młynarczyk

## Tor radiowy - wybrane zagadnienia



J. Młynarczyk

## Modulacje cyfrowe

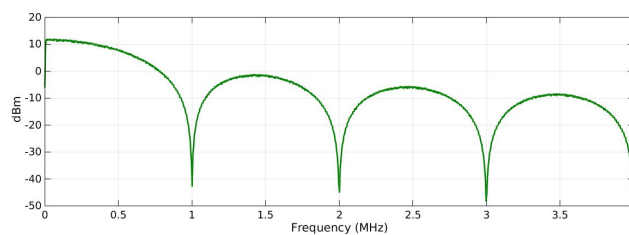
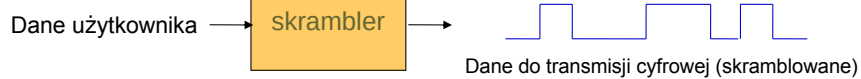


Sygnał nośny (nośna)

$$s(t) = A \cos(2\pi f t + \varphi)$$



ASK (Amplitude Shift Keying)  
FSK (Frequency Shift Keying)  
PSK (Phase Shift Keying)  
oraz ich kombinacje

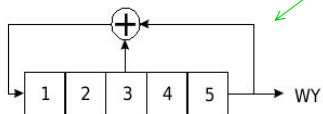
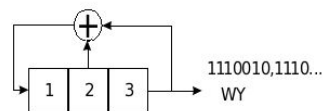


RBW=7.50 kHz

Widmo sekwencji pseudolosowej 1 Mbit/s (lub danych skramblowanych)

J. Młynarczyk

## Budowa generatorów ciągów pseudolosowych



$n$	$N=2^n-1$	Selected connections	Number of m-sequences	Period for 1 Mbps
2	3	[1,2]	1	3 $\mu$ s
3	7	[1,3]	2	7 $\mu$ s
5	31	[2,5] [2,3,4,5]	6	31 $\mu$ s
7	127	[1,7] [1,3,6,7]	18	130 $\mu$ s
9	511	[4,9] [1,3,4,6,7,9]	48	0.51 ms
17	131 070	[13,17] [1,2,4,6,8,9,17]	7710	0.13 s
61	$\sim 2.3 \cdot 10^{18}$	[1,2,5,61]	$\sim 3.8 \cdot 10^{16}$	$\sim 73000$ years

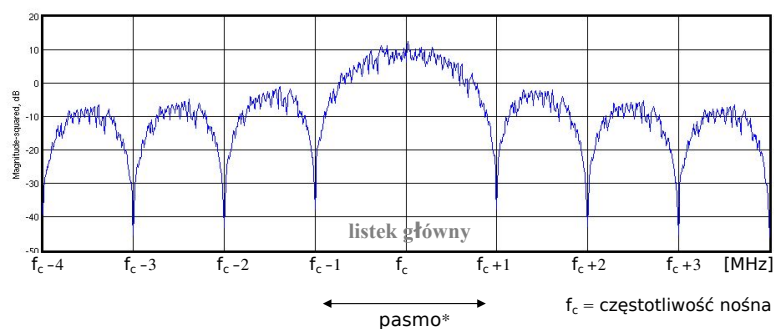
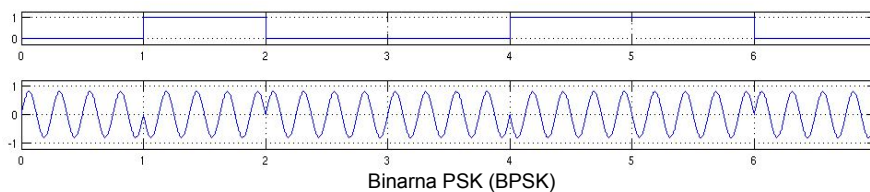
Przykładowe parametry m-ciągów

**m-ciągi (m-sequences)** = ciągi o maksymalnej długości (maximal length codes) dla danej ilości rejestrów przesuwnych

J. Młynarczyk

## BPSK = Binary Phase Shift Keying

Popularne systemy wykorzystujące różne odmiany PSK: **IEEE 802.11 ("Wi-Fi")**, **TETRA**, **UMTS**



\* wymagane pasmo do transmisji jest mniejsze, jeśli zastosowane zostaną filtry transmisyjne

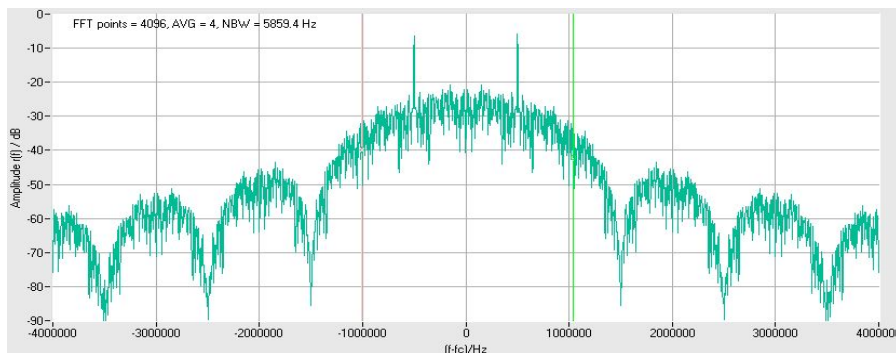
J. Młynarczyk

## FSK = Frequency Shift Keying

Popularne systemy wykorzystujące różne odmiany FSK: **GSM, DECT, Bluetooth**

$$f = f_c \pm \Delta f$$

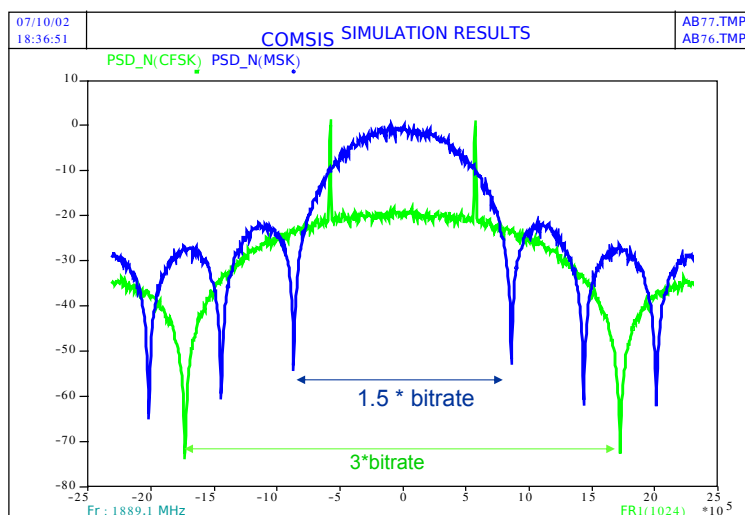
Indeks modulacji FSK  $h = \frac{2\Delta f}{f_s}$  gdzie:  $f_s$  - prędkość symbolowa



Widmo CP-FSK (FSK z ciągłą fazą) dla indeksu modulacji równego 1

J. Młynarczyk

## MSK (Minimum Shift Keying)

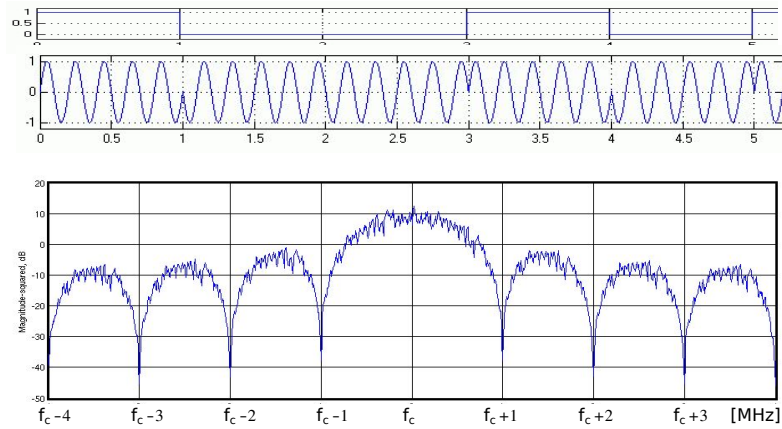


Porównanie widm: CP-FSK z indeksem modulacji 1 (zielony) oraz 0.5 (niebieski).  
CP-FSK z  $h=0.5$  nazywana jest MSK

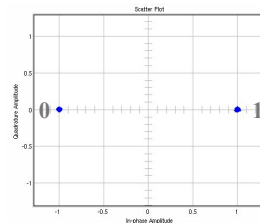
J. Młynarczyk

## BPSK = Binary Phase Shift Keying

Popularne systemy wykorzystujące różne odmiany PSK: **IEEE 802.11 ("Wi-Fi")**, **TETRA**, **UMTS**



### Konstelacja sygnału

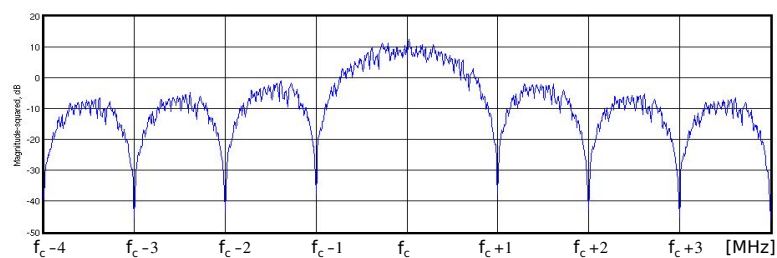


Rys. Konstelacja BPSK

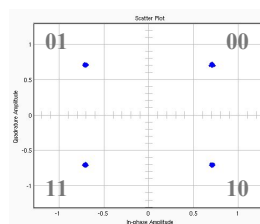
J. Młynarczyk

## QPSK = Quadrature Phase Shift Keying

Popularne systemy wykorzystujące różne odmiany PSK: **IEEE 802.11 ("Wi-Fi")**, **TETRA**, **UMTS**



### Konstelacja sygnału

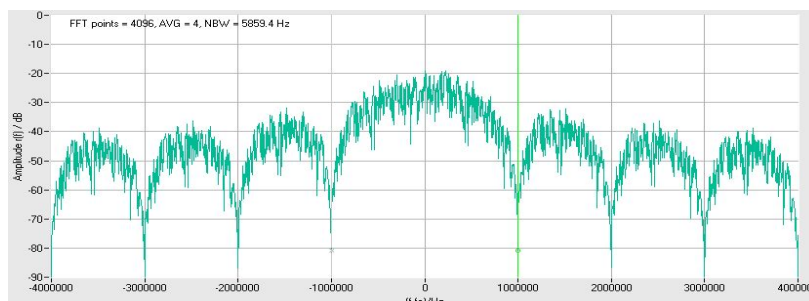


Rys. Konstelacja QPSK

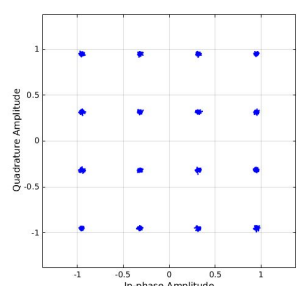
J. Młynarczyk

## QAM = Quadrature Amlitude Modulation

Popularne systemy wykorzystujące różne odmiany QAM: **IEEE 802.11 ("Wi-Fi")**, **DRM**, **DVB**



### Konstelacja sygnału

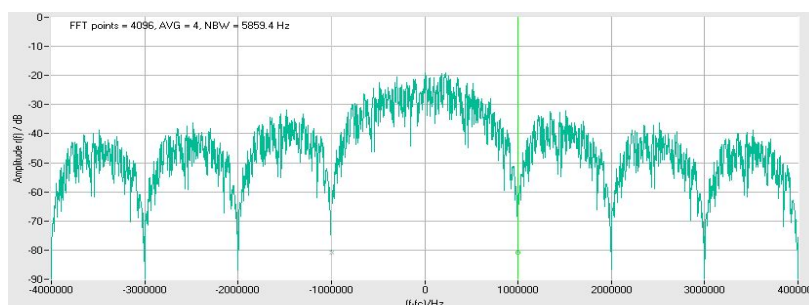


Rys. Konstelacja 16QAM

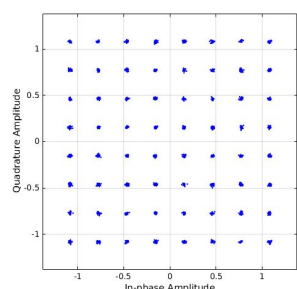
J. Młynarczyk

## QAM = Quadrature Amlitude Modulation

Popularne systemy wykorzystujące różne odmiany QAM: **IEEE 802.11 ("Wi-Fi")**, **DRM**, **DVB**



### Konstelacja sygnału



Rys. Konstelacja 64QAM

J. Młynarczyk