

Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej
i Zarządzania

MODULACJE Z KLUCZOWANIEM AMPLITUDY QAM

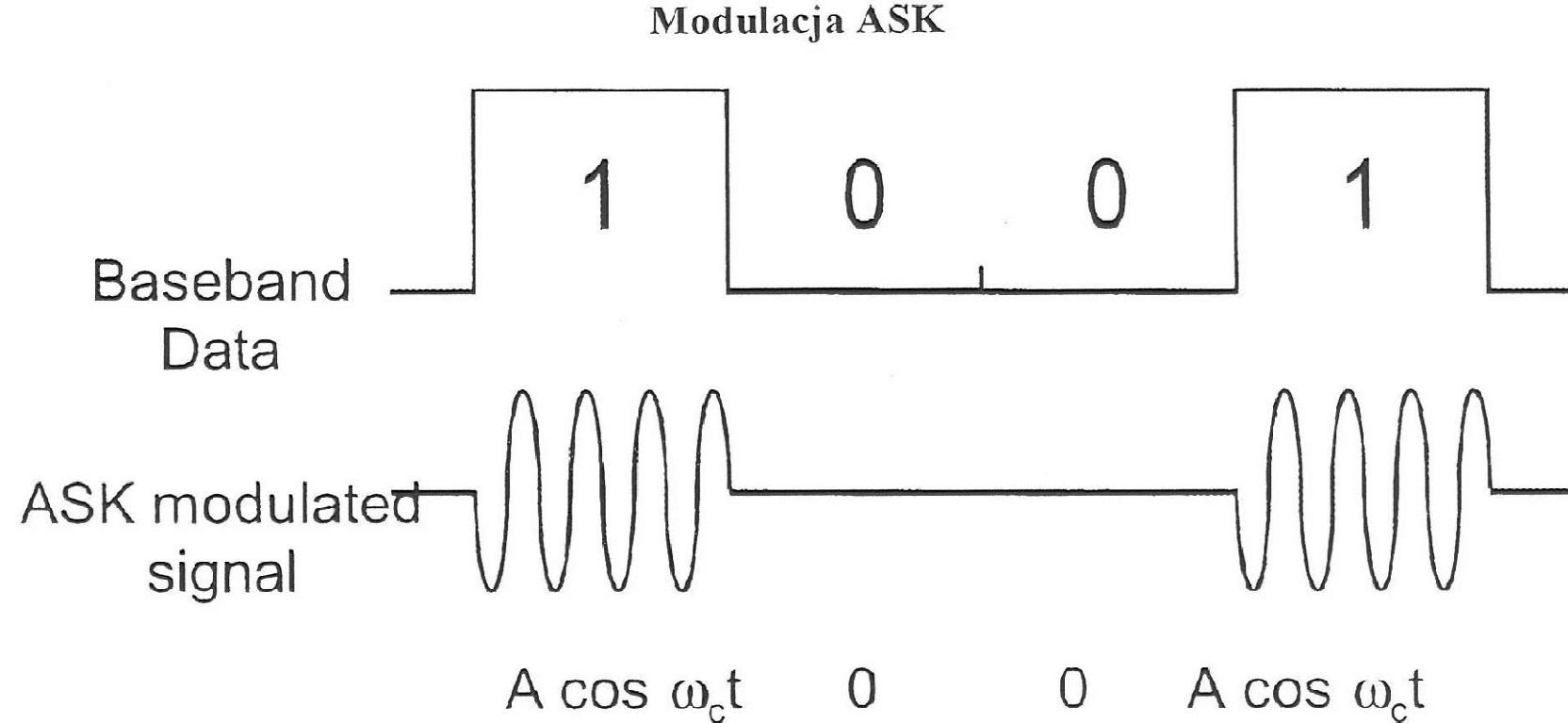
dr inż. Janusz DUDCZYK

ZAGADNIENIA

- Dwuwartościowy sygnał ASK, widmo, rozkład punktów sygnałowych sygnału ASK;
 - Konstelacja sygnałów 16QAM, 4QAM ;
 - Dekompozycja konstelacji sygnałowej systemu QAM;
 - Zależność stopy błędu od stosunku sygnału do szumu dla modulacji QAM;
-

MODULACJA AMPLITUDY

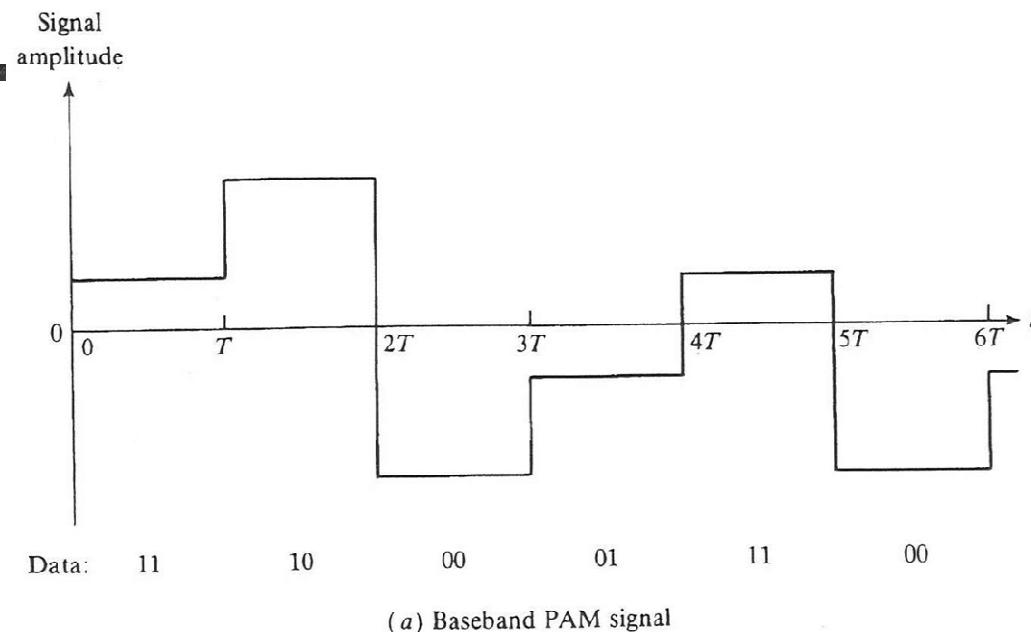
Kluczowanie amplitudy M-QAM



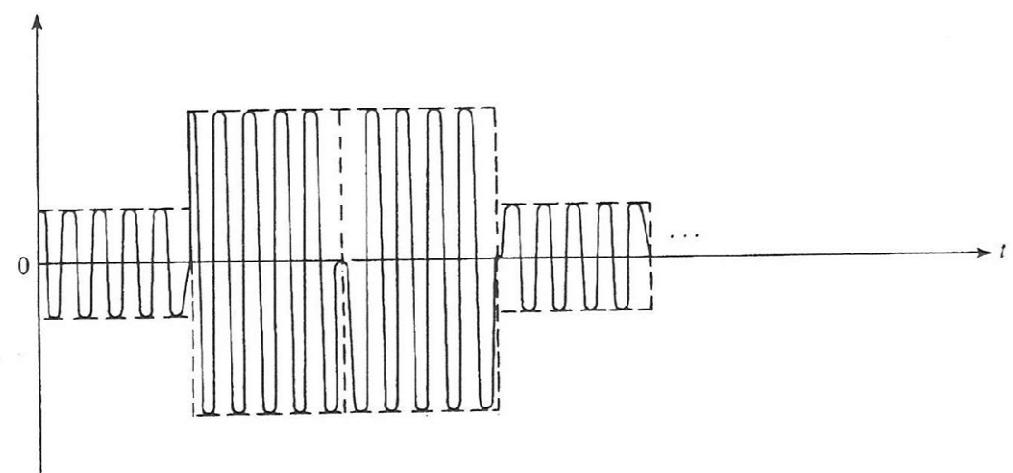
Sygnal ASK dwuwartościowy.

MODULACJA AMPLITUDY

Kluczowanie amplitudy M-QAM



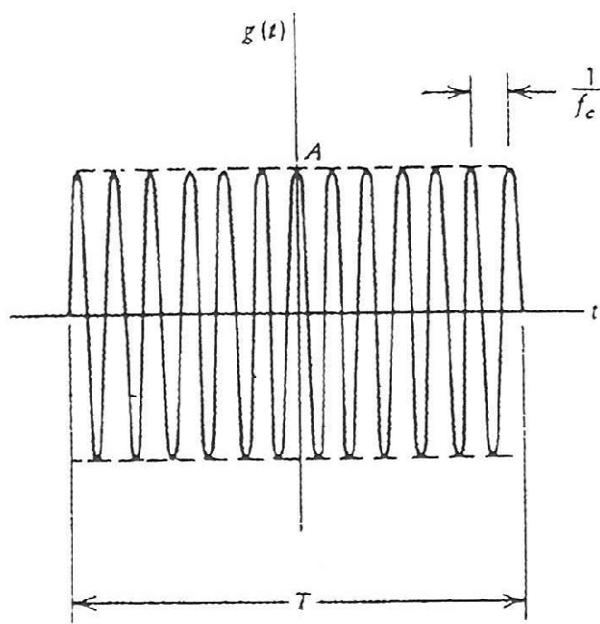
Sygnał ASK
czterowartościowy.



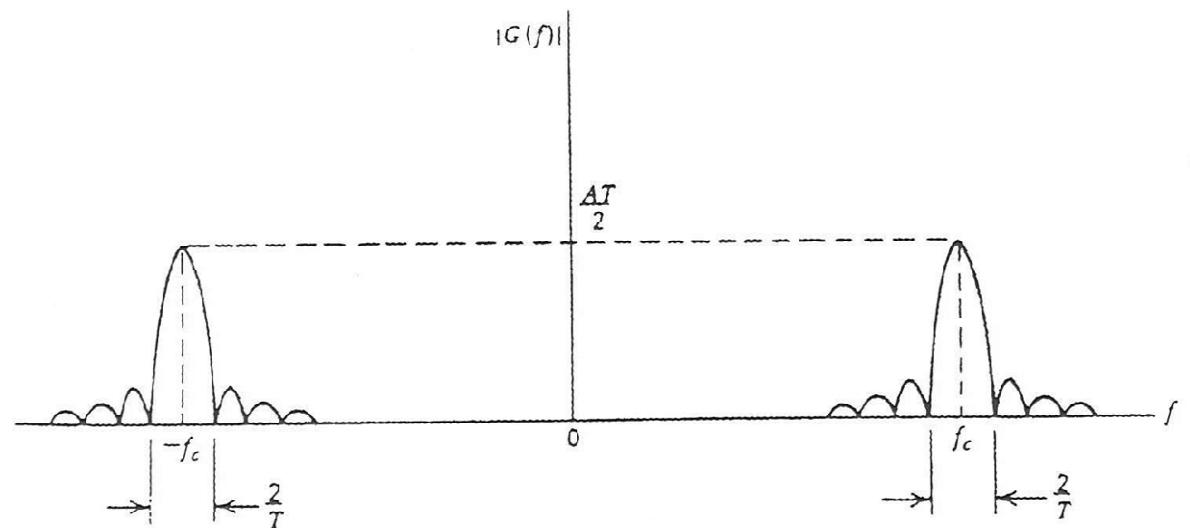
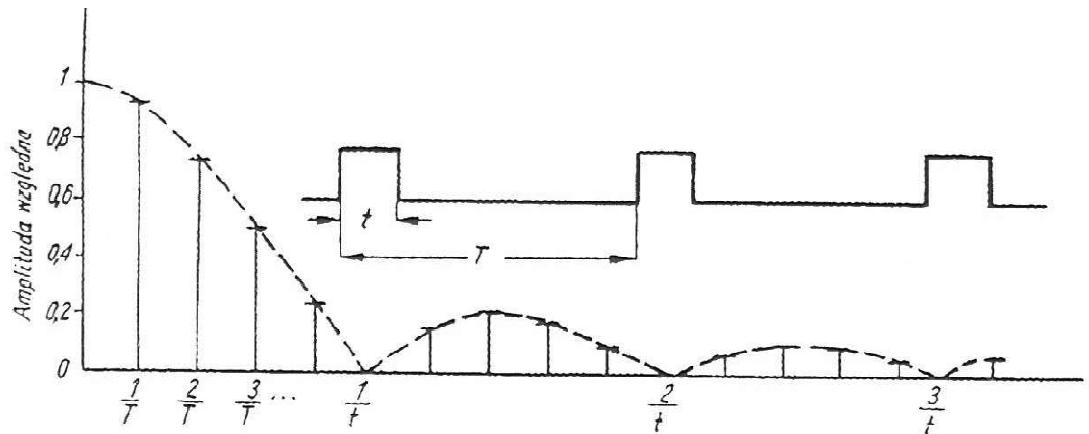
MODULACJA AMPLITUDY

Kluczowanie amplitudy M-QAM

Widmo impulsów prostokątnych.



Impuls radiowy,
przebieg czasowy.

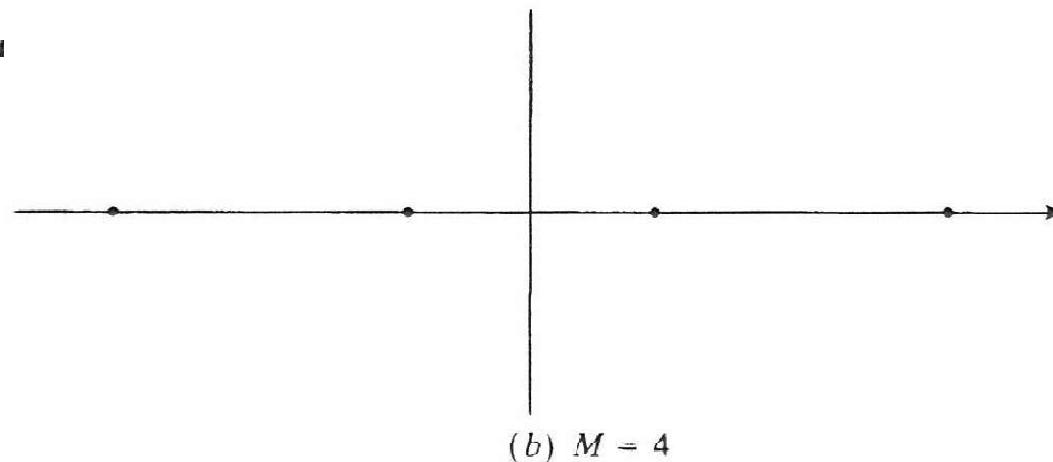


Impuls radiowy, widmo.

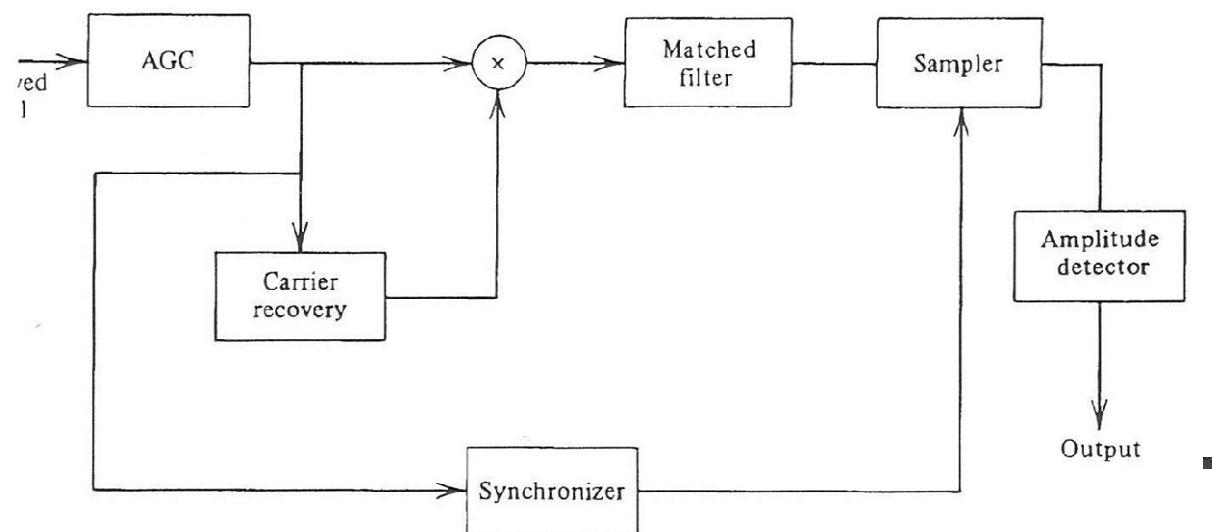
MODULACJA AMPLITUDY

Kluczowanie amplitudy M-QAM

Rozkład punktów sygnałowych dla ASK.



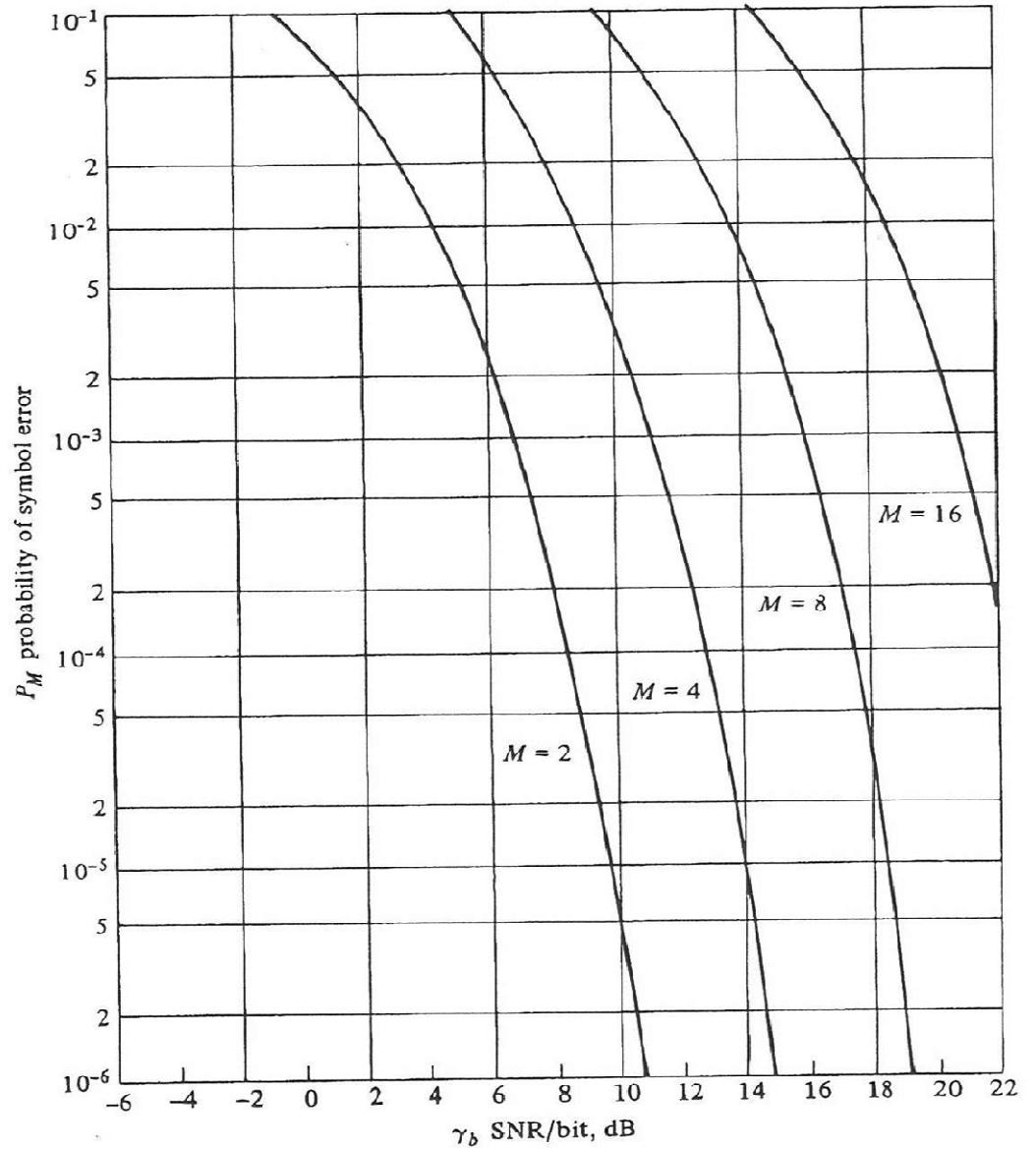
Odbiornik ASK.



MODULACJA AMPLITUDY

Kluczowanie amplitudy M-QAM

Zależność stopy błędu od
wartościowości
modulacji ASK.



MODULACJA AMPLITUDY

Kluczowanie amplitudy M-QAM

Sygnal M-QAM možna
zdefiniować:

$$s(t) = \begin{cases} A_i \cos(2\pi f_c t + \Theta_i) & \text{dla } 0 \leq t \leq T \\ 0 & \text{dla reszty} \end{cases}$$

Po przekształceniu:

$$s(t) = \begin{cases} A_i \cos \Theta_i \cos(2\pi f_c t) - A_i \sin \Theta_i \sin(2\pi f_c t) & \text{dla } 0 \leq t \leq T \\ 0 & \text{dla reszty} \end{cases}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, M-1;$

A_i – amplituda;

Θ_i – faza;

f_c – częstotliwości nośna;

T – czas trwania symbolu.

MODULACJA AMPLITUDY

Kluczowanie amplitudy M-QAM

$$s(t) = \begin{cases} A_i \cos \Theta_i \cos(2\pi f_c t) - A_i \sin \Theta_i \sin(2\pi f_c t) & \text{dla } 0 \leq t \leq T \\ 0 & \text{dla reszty} \end{cases}$$

po przekształceniu:

$$s(t) = \sqrt{E_i} \cos \Theta_i \sqrt{\frac{2}{T}} \cos(2\pi f_c t) - \sqrt{E_i} \sin \Theta_i \sqrt{\frac{2}{T}} \sin(2\pi f_c t)$$

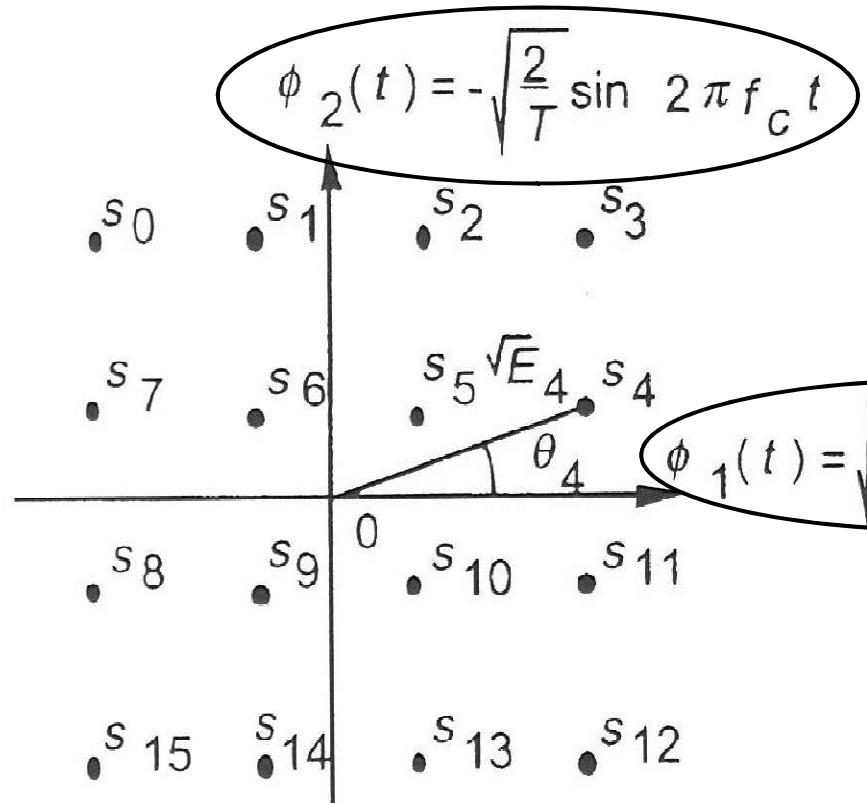
funkcje bazowe

$$\phi_1(t) = \sqrt{\frac{2}{T}} \cos(2\pi f_c t), \quad \phi_2(t) = -\sqrt{\frac{2}{T}} \sin(2\pi f_c t)$$

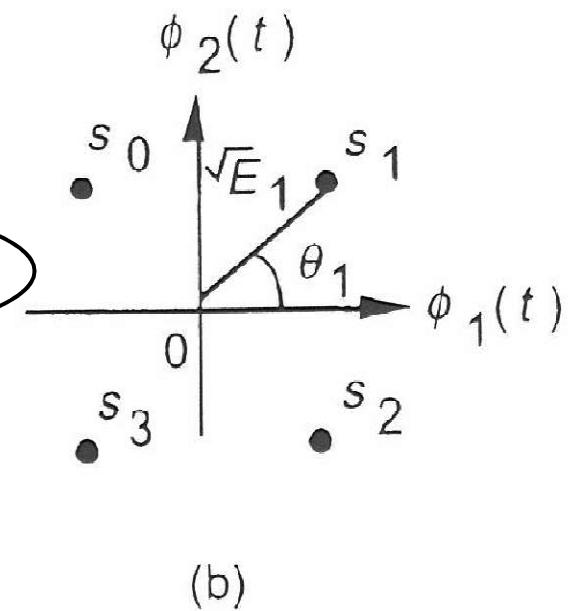
Energia sygnału

MODULACJA AMPLITUDY

Konstelacja



$$\phi_2(t) = -\sqrt{\frac{2}{T}} \sin 2\pi f_c t$$



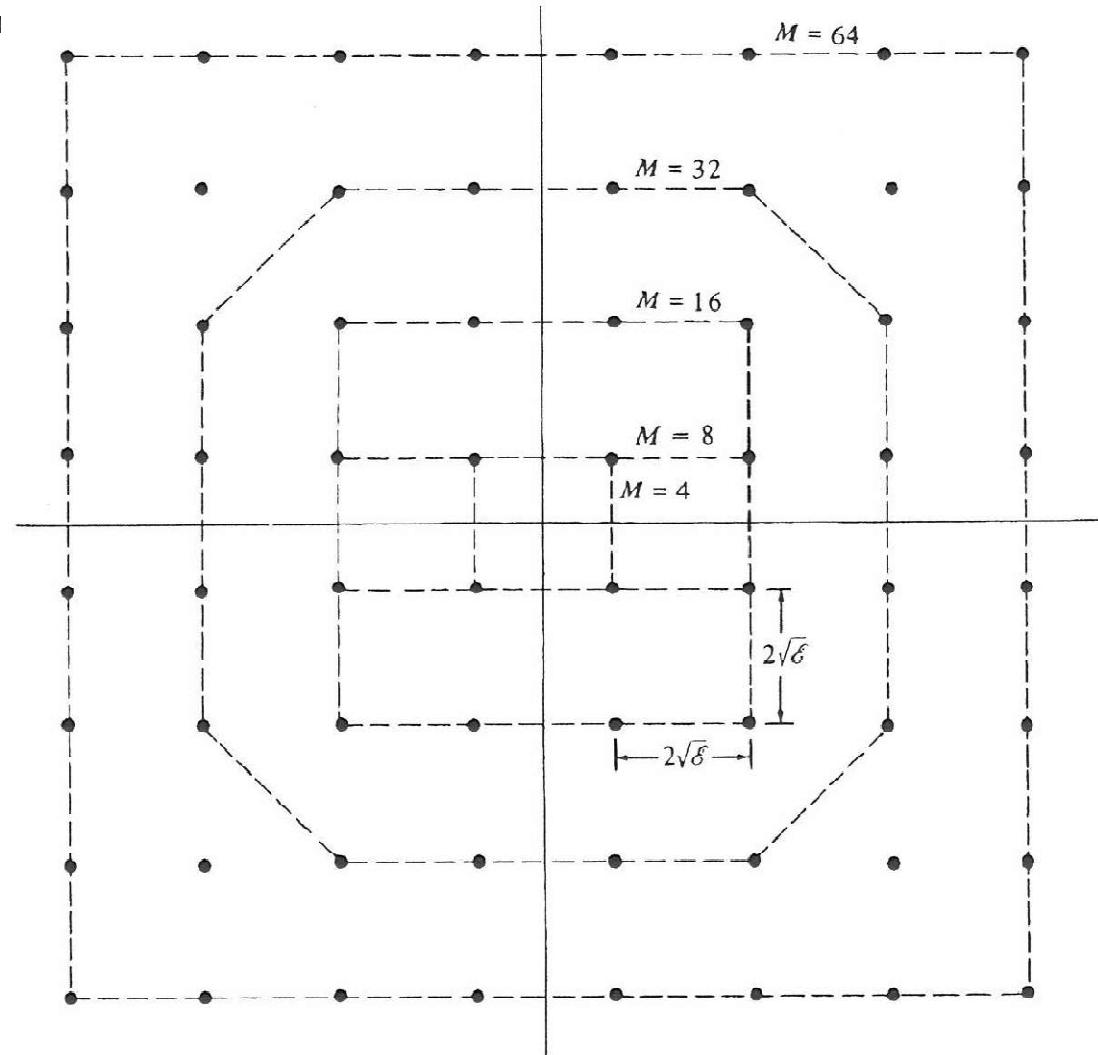
(b)

Konstelacja sygnałów 16-QAM oraz 4-QAM.

MODULACJA AMPLITUDY

Kluczowanie amplitudy M-QAM

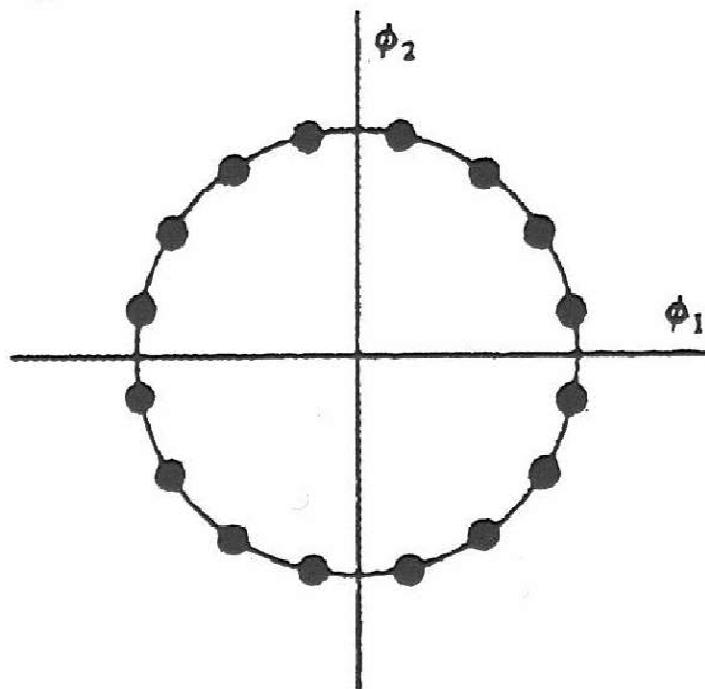
Układy konstelacji dla systemu QAM.



MODULACJA AMPLITUDY

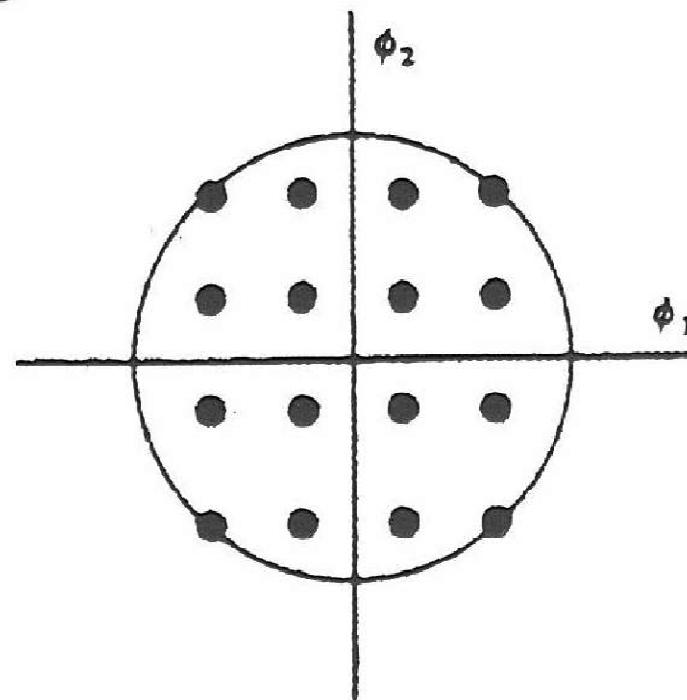
Kluczowanie amplitudy M-QAM

a



Konstelacja sygnałowa dla systemu M-QPSK.

b

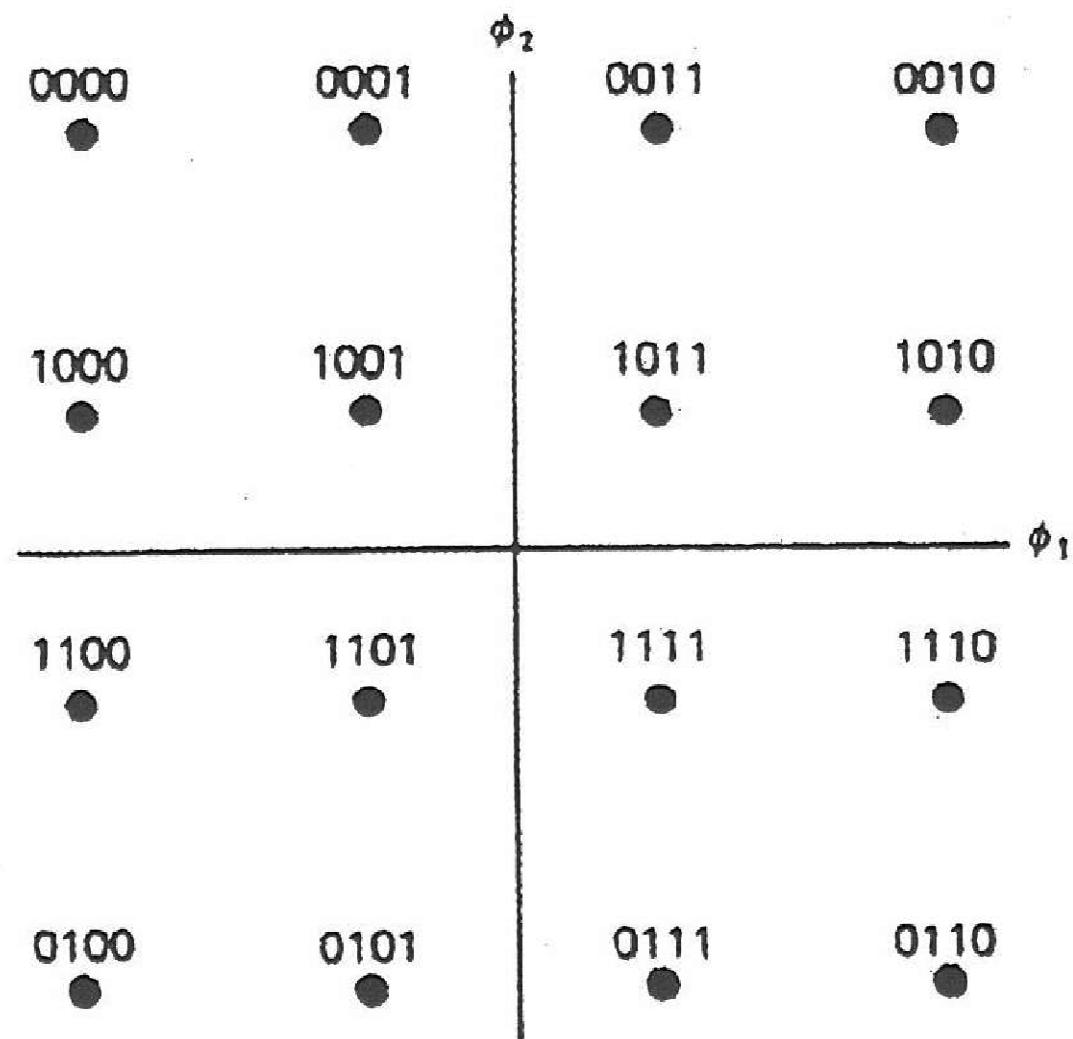


Konstelacja sygnałowa dla systemu M-QAM, dla $M=16$

MODULACJA AMPLITUDY

Kluczowanie amplitudy M-QAM

Zobrazowanie w przestrzeni sygnałowej dla systemu QAM
przy $M=16$.



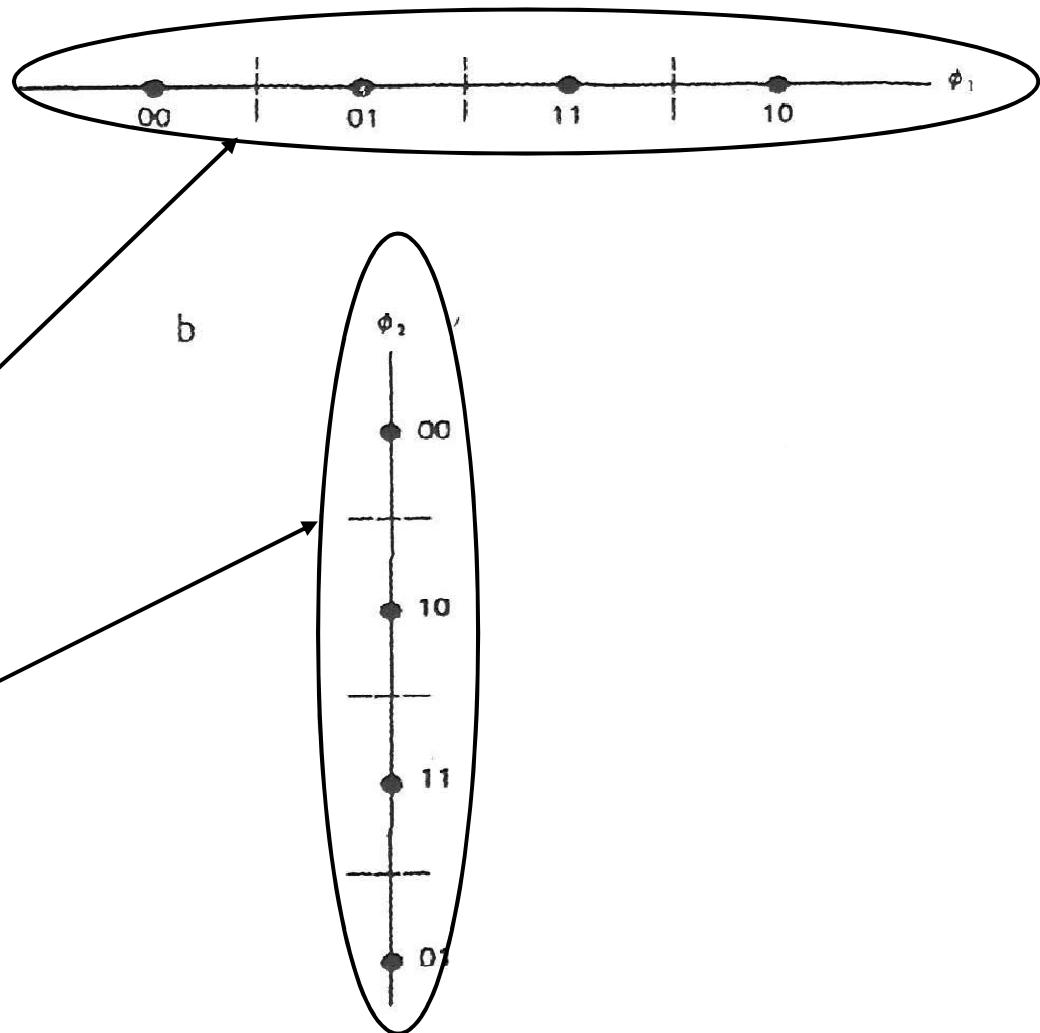
MODULACJA AMPLITUDY

Kluczowanie amplitudy M-QAM

Punkty sygnałowe
z poprzedniego rysunku
odpowiadają 4-bitowym kodom
Graya.

Składowa synfazowa $\phi_1(t)$

Składowa kwadraturowa $\phi_2(t)$

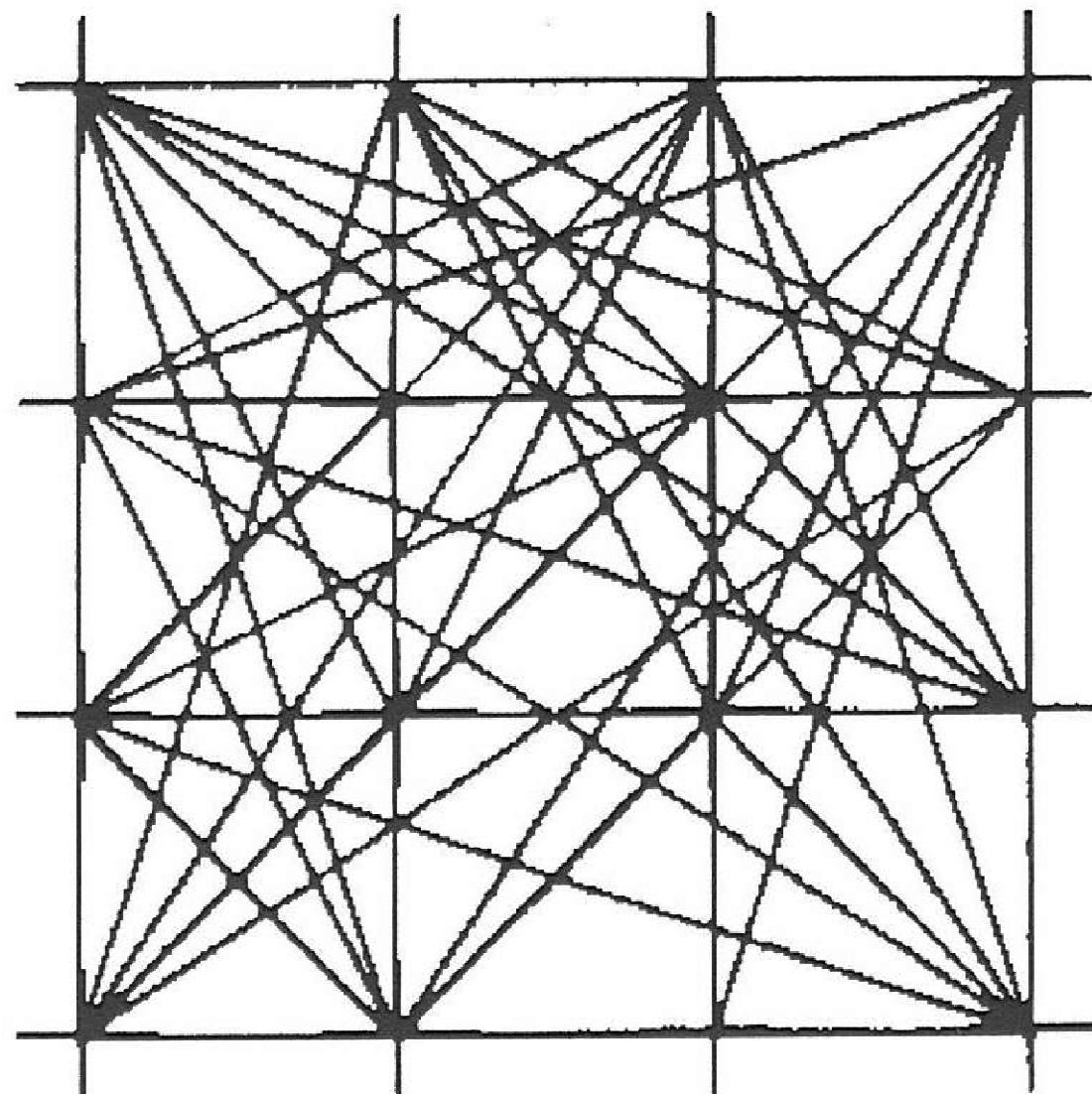


Dekompozycja konstelacji sygnałowej systemu QAM dla $M=16$.

MODULACJA AMPLITUDY

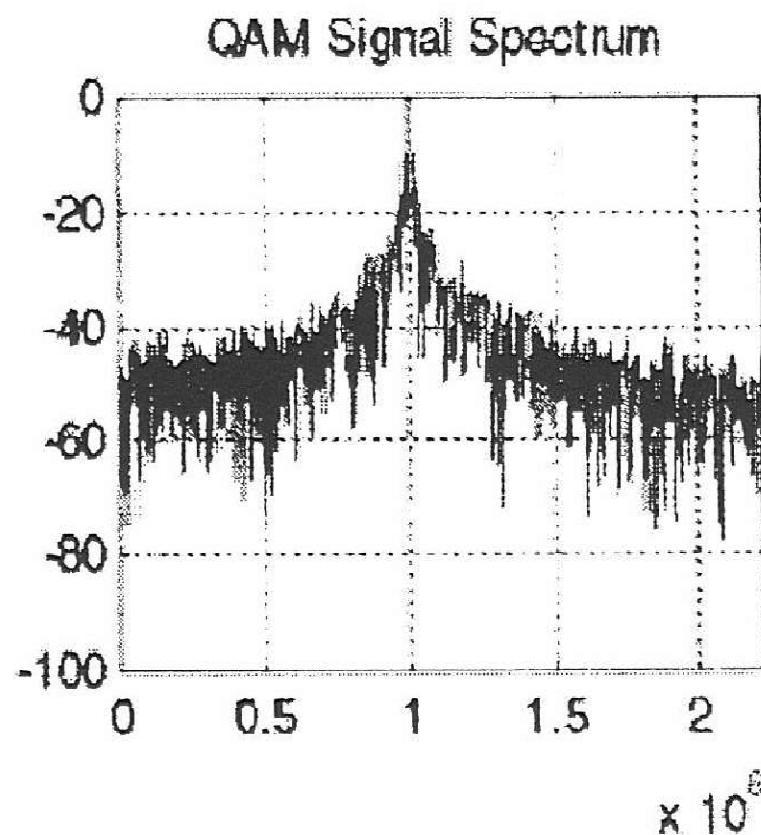
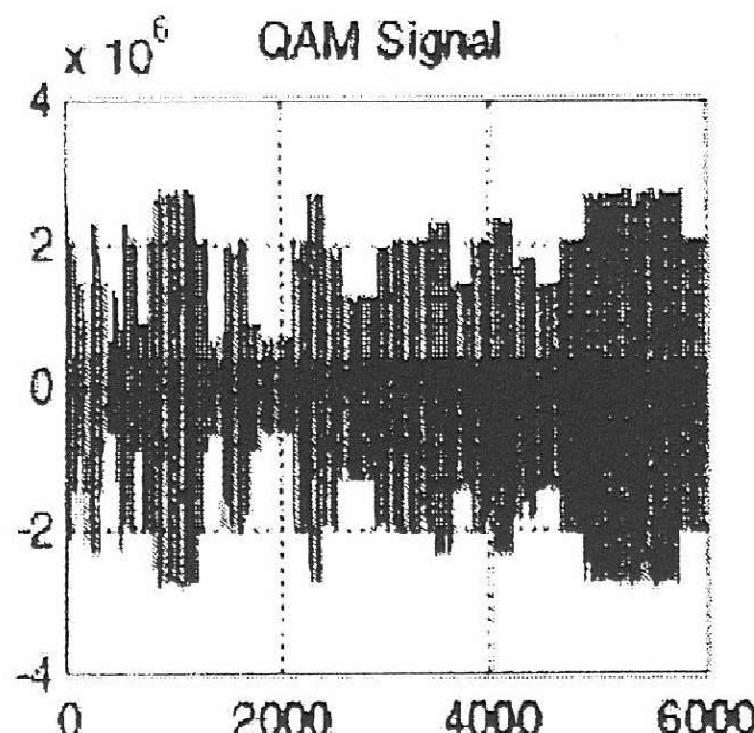
Kluczowanie amplitudy M-QAM

Wykres możliwych przejść dla systemu 16-QAM.



MODULACJA AMPLITUDY

Kluczowanie amplitudy M-QAM

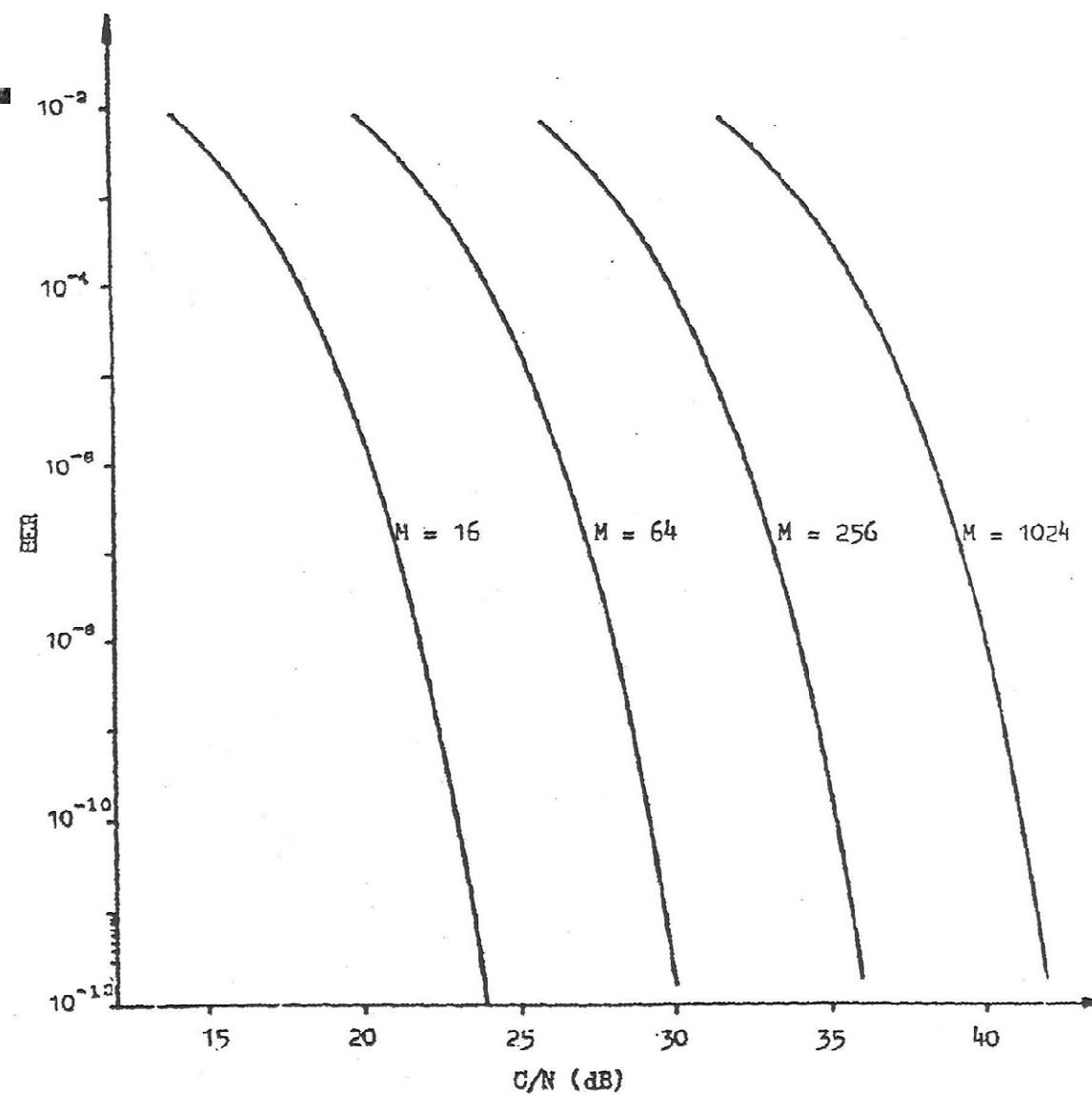


Przykładowy przebieg czasowy i widmo sygnału z modulacją 16-QAM.

MODULACJA AMPLITUDY

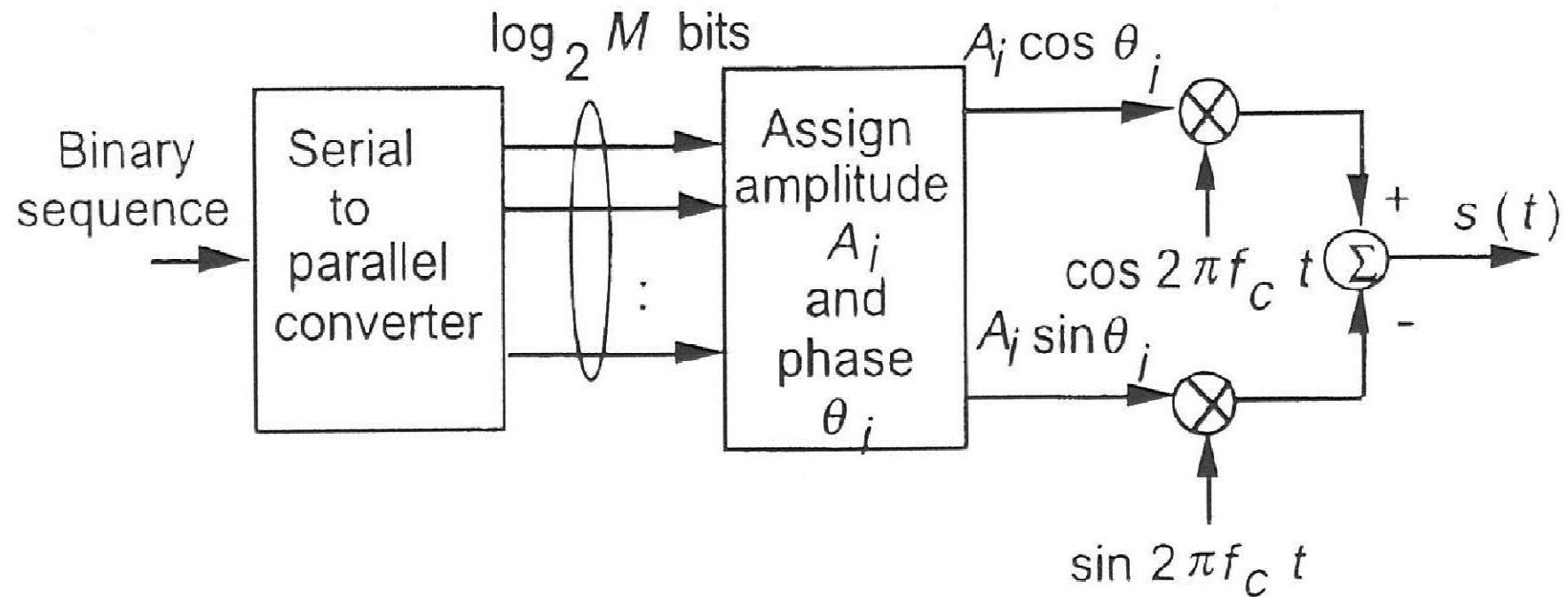
Kluczowanie amplitudy M-QAM

Zależność stopy błędów (BER) od stosunku sygnału do szumu (S/N) dla modulacji QAM.



MODULACJA AMPLITUDY

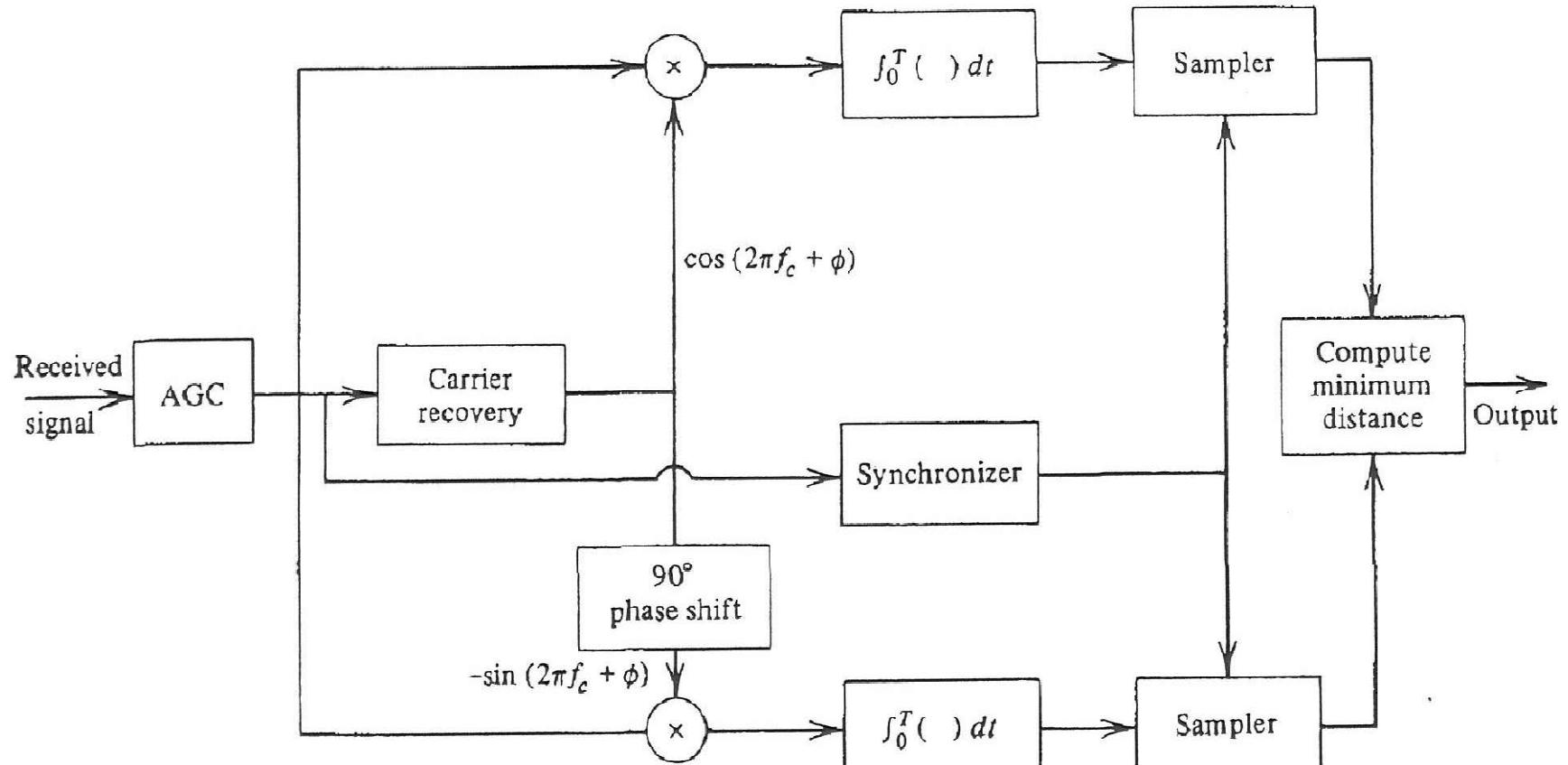
Kluczowanie amplitudy M-QAM



Schemat blokowy nadajnika systemu QAM.

MODULACJA AMPLITUDY

Kluczowanie amplitudy M-QAM



Schemat blokowy odbiornika systemu QAM.

MODULACJA AMPLITUDY

Kluczowanie amplitudy M-QAM

Zastosowania różnych systemów modulacji

MSK, GMSK	GSM,
BPSK	telemetria na duże odległości, modemy kablowe,
QPSK, 1/4 DQPSK	systemy satelitarne, CDMA, TETRA, DVB-S, , modemy kablowe,
OQPSK	CDMA, systemy satelitarne,
FSK,	DECT, paging,
8PSK	systemy satelitarne, lotnictwo, systemy video zdalnego sterowania
16 QAM	cyfrowe systemy radiowe w zakresie mikrofal, modemy, DVB-T, DVB-C,
32 QAM	mikrofalowe systemy naziemne, DVB-T,
64 QAM	DVB-C, modemy, radiofonia,
256 QAM	modemy, DVB-C (Europa)

Teoretyczna efektywność wykorzystania pasma

MSK	1 bit/second/Hz
BPSK	1 bit/second/Hz
QPSK	2 bits/second/Hz
8PSK	3 bits/second/Hz
16 QAM	4 bits/second/Hz
32 QAM	5 bits/second/Hz
64 QAM	6 bits/second/Hz
256 QAM	8 bits/second/Hz

**DZIĘKUJĘ
ZA UWAGĘ**