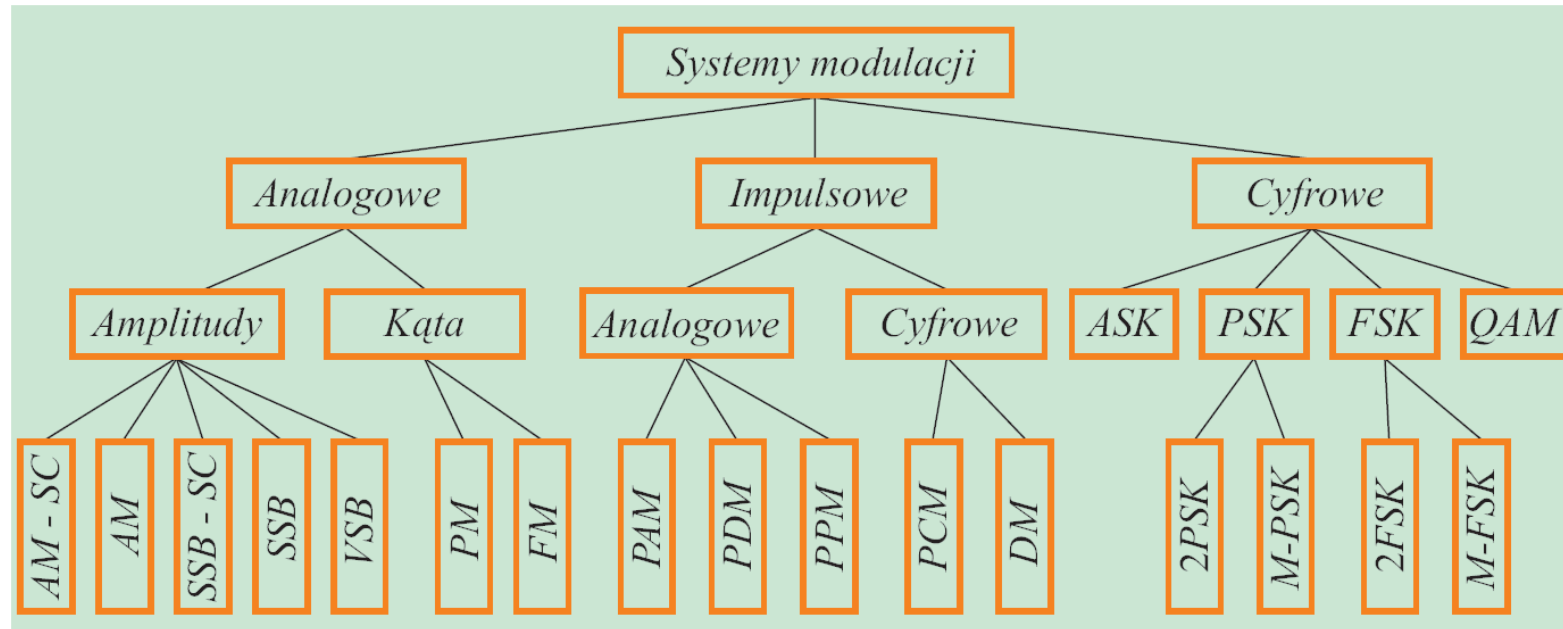
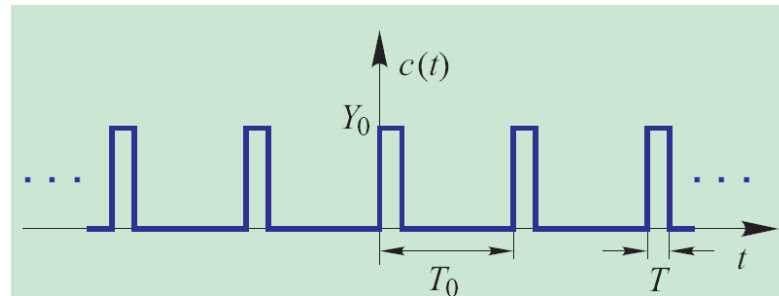


MODULACJE IMPULSOWE



Fala nośna:



Modulacja PAM

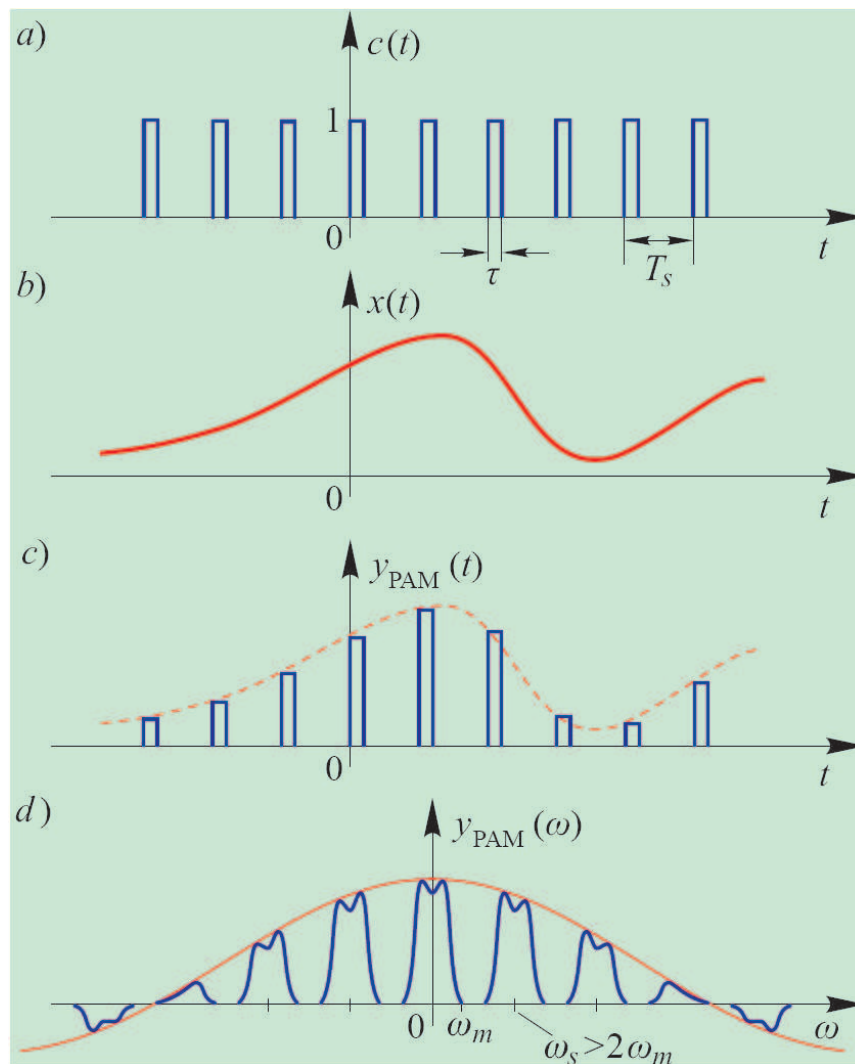
Pulse Amplitude Modulation

Sygnał PAM i jego widmo:

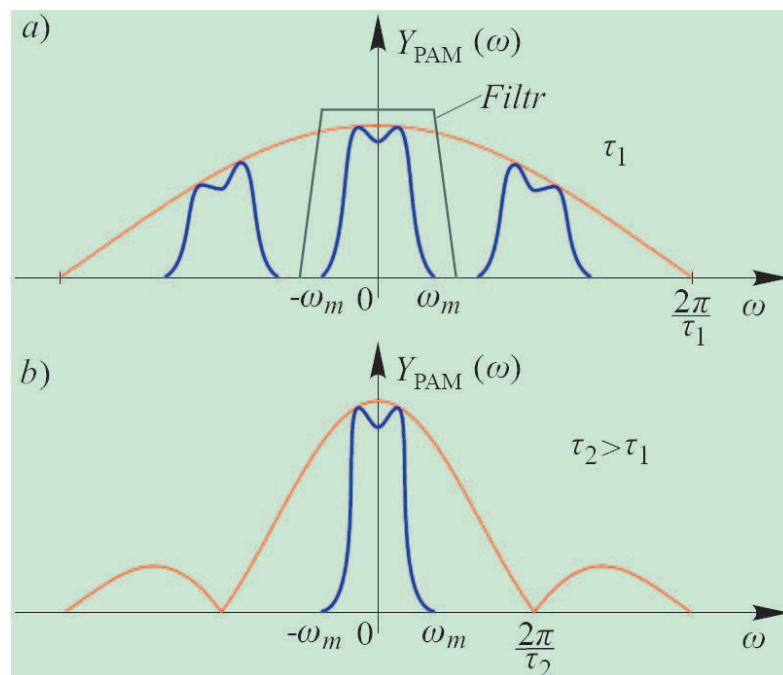
$$y_{\text{PAM}}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT_s) \Pi\left(\frac{t - \tau/2 - nT_s}{\tau}\right)$$

$$Y_{\text{PAM}}(\omega) = \frac{\tau}{T_s} \text{Sa}(\omega\tau/2) e^{-j(\omega\tau/2)} \sum_{n=-\infty}^{\infty} X(\omega - n\omega_s)$$

Sygnał zmodulowany PAM i jego widmo



Odtwarzanie sygnału informacyjnego z sygnału PAM – efekt aperturowy



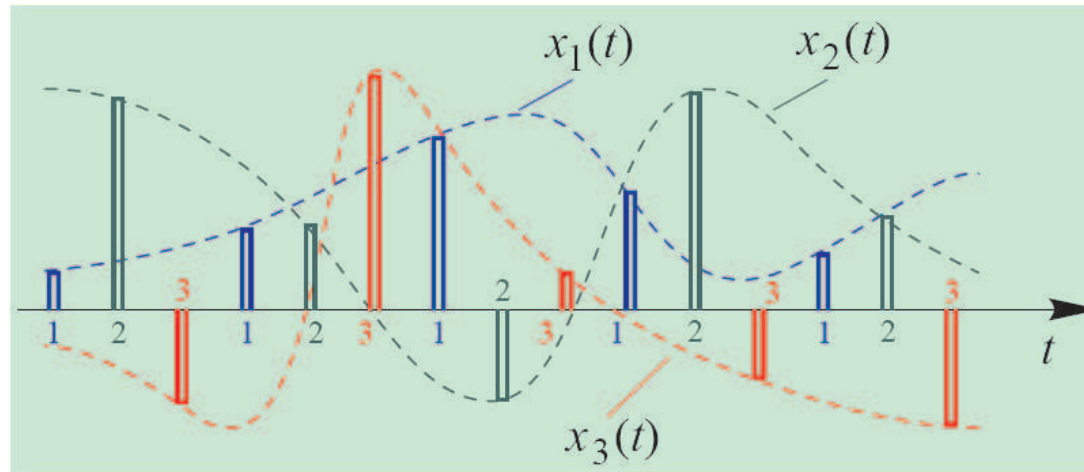
Obwiednia:

$$\tau |\text{Sa}(\omega\tau/2)|$$

Filtr korekcyjny:

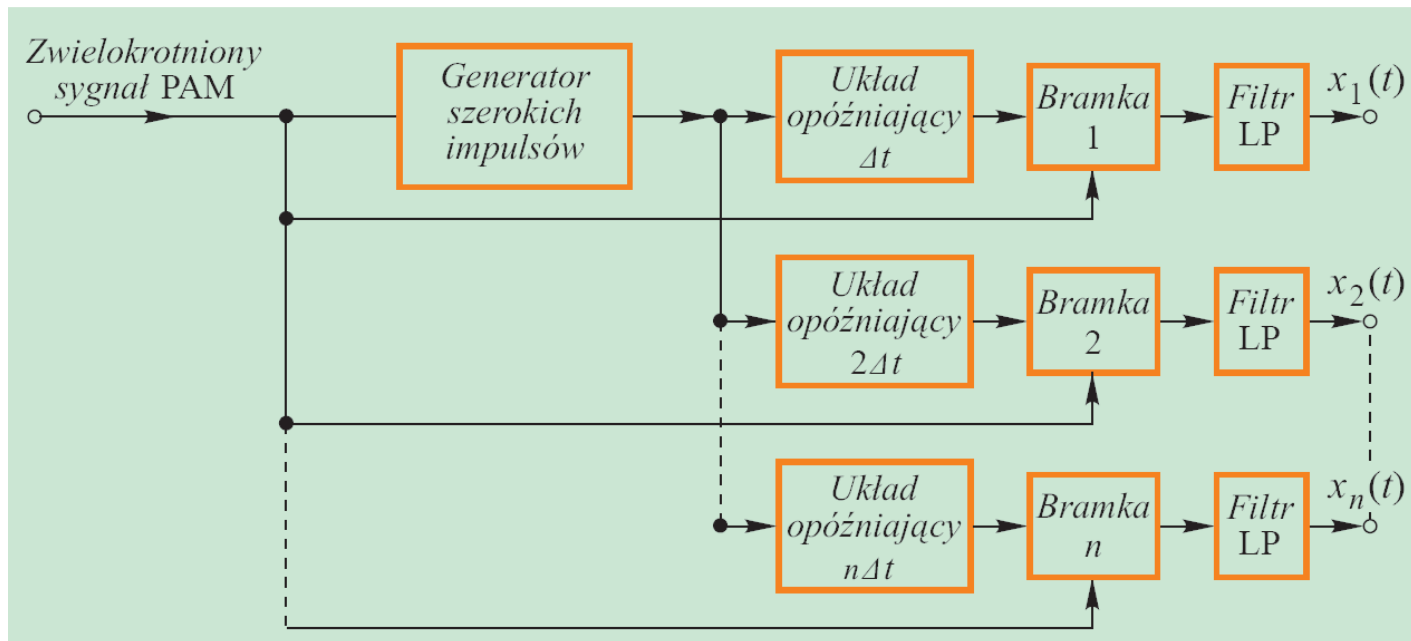
$$|H_{\text{kor}}(j\omega)| = \frac{1}{\tau |\text{Sa}(\omega\tau/2)|}$$

Transmisja sygnału PAM w systemie zwielokrotnienia czasowego



- system PAM wymaga znacznie mniejszych mocy nadajnika niż systemy modulacji analogowych
- im krótsze impulsy fali nośnej, tym szersze pasmo sygnału PAM
- sygnały PAM nie mogą być transmitowane w systemach zwielokrotnienia częstotliwościowego

Demodulacja zwielokrotnionego czasowo sygnału PAM



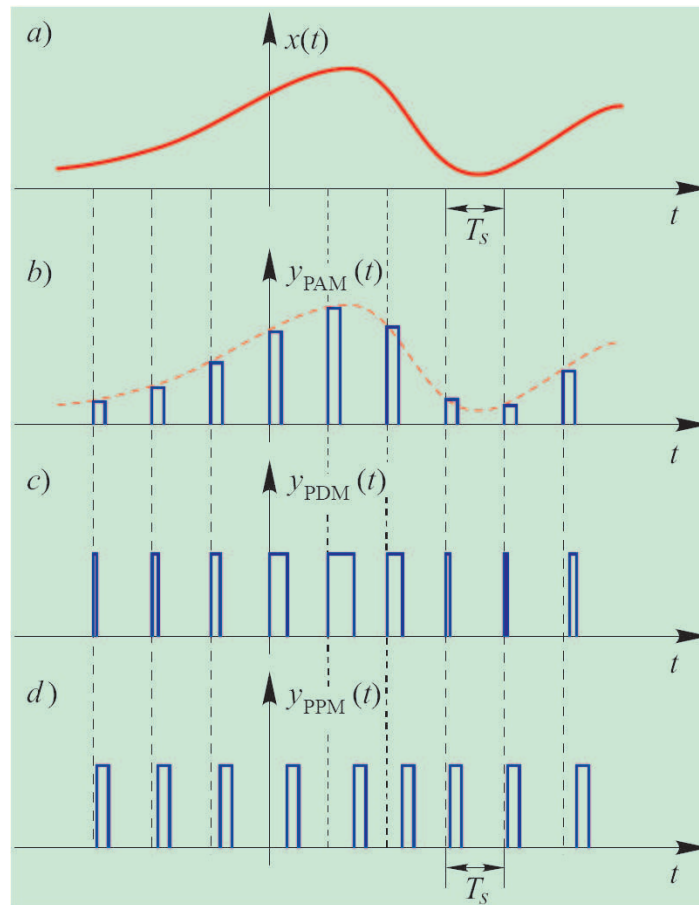
Modulacja PAM-AM

- większość mocy sygnału PAM jest skupiona w paśmie $\omega \leq 2\pi/\tau$ obejmującym listek główny widma
- w widmie sygnału PAM dominują zatem niekorzystne w punktu widzenia transmisji składowe niskoczęstotliwościowe
- z tego powodu sygnał PAM jest często poddawany dodatkowej modulacji AM
- w odbiorniku sygnałów PAM-AM następuje najpierw demodulacja sygnału AM za pomocą detektora obwiedni, a następnie właściwa demodulacja sygnału PAM

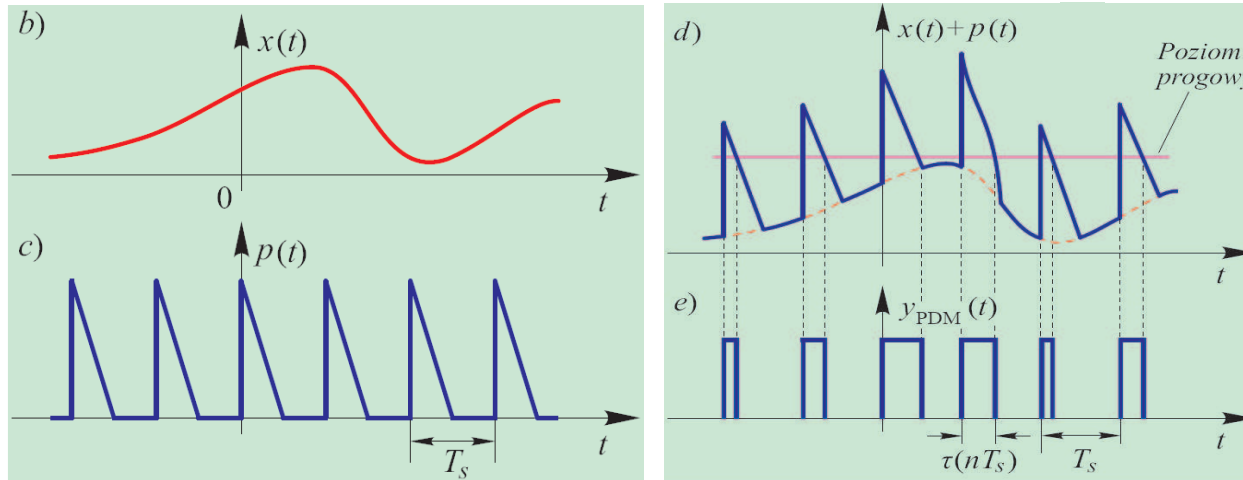
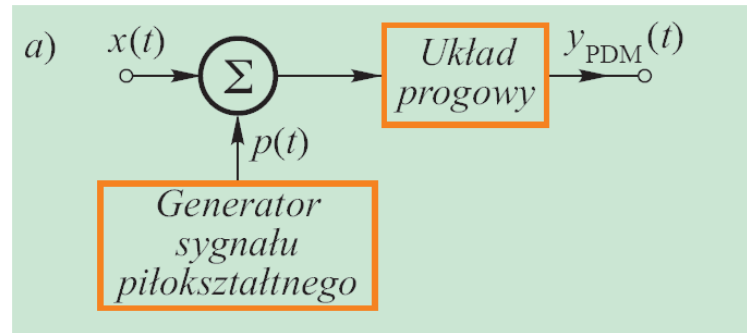
Modulacje PDM i PPM

Pulse Duration Modulation, Pulse Position Modulation

Sygnaly PDM i PPM

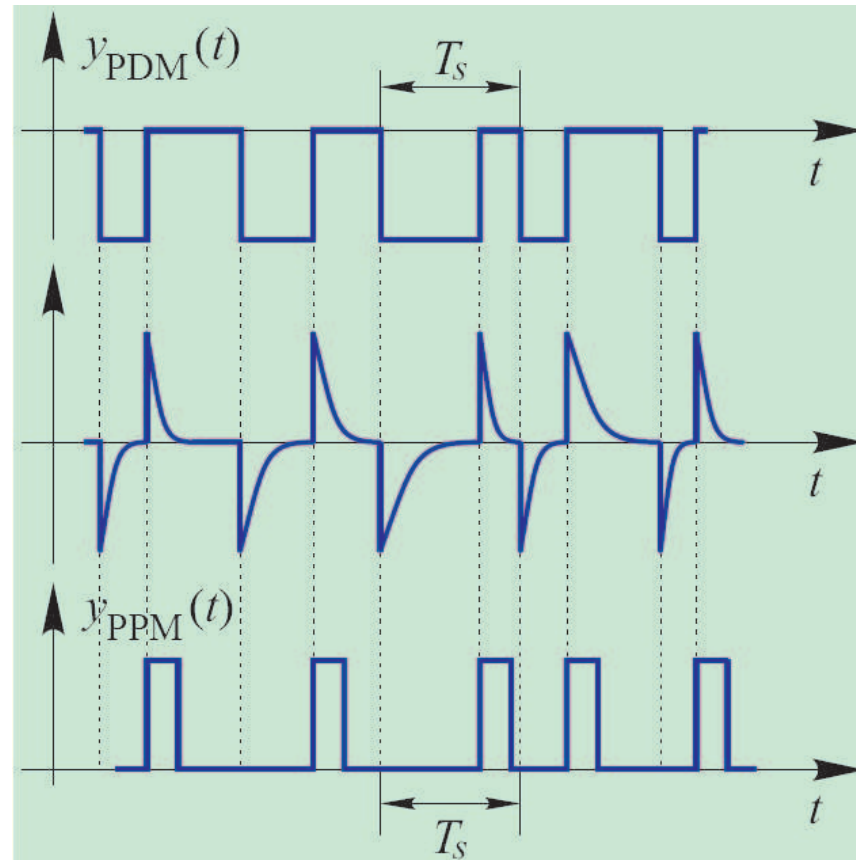


Generacja sygnałów PDM i PPM


















$$\tau(nT_s) = a_0 + a_1 x(nT_s), \quad 0 < \tau(nT_s) < T_s$$

Przetwarzanie sygnału PDM na sygnał PPM

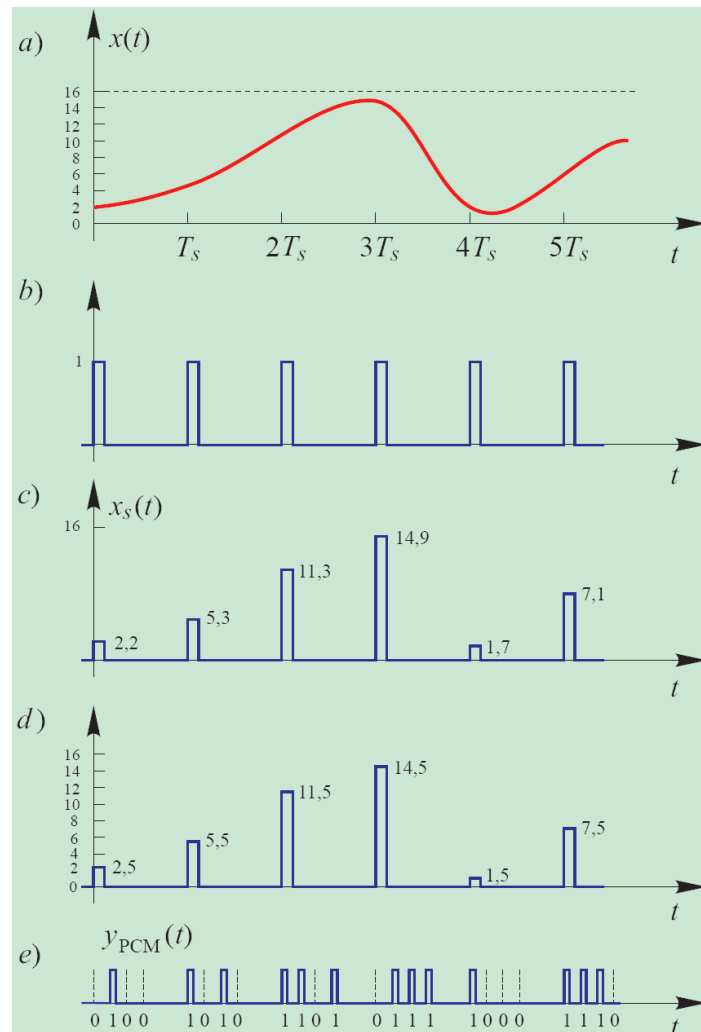


Modulacje impulsowo-kodowe – modulacja PCM

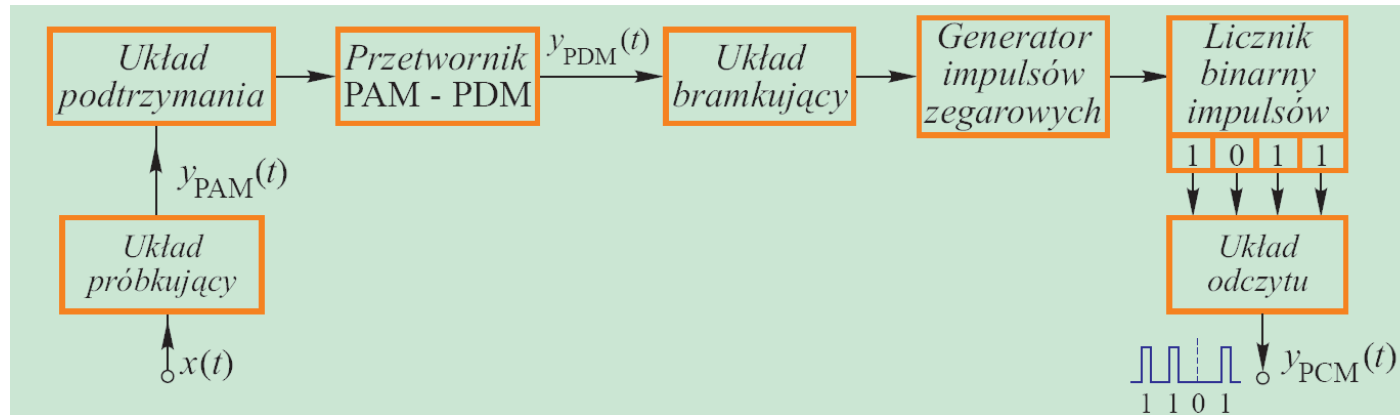
Pulse Code Modulation

<i>Numer poziomu kwantyzacji</i>	<i>Słowo kodowe</i>	<i>Ciąg impulsów kodowych</i>
	$2^3 \ 2^2 \ 2^1 \ 2^0$	$2^3 \ 2^2 \ 2^1 \ 2^0$
0	0 0 0 0	_____
1	0 0 0 1	_____ 
2	0 0 1 0	_____ 
3	0 0 1 1	_____ 
4	0 1 0 0	_____ 
5	0 1 0 1	_____ 
6	0 1 1 0	_____ 
7	0 1 1 1	_____ 
8	1 0 0 0	 _____
9	1 0 0 1	
10	1 0 1 0	
11	1 0 1 1	
12	1 1 0 0	
13	1 1 0 1	
14	1 1 1 0	
15	1 1 1 1	

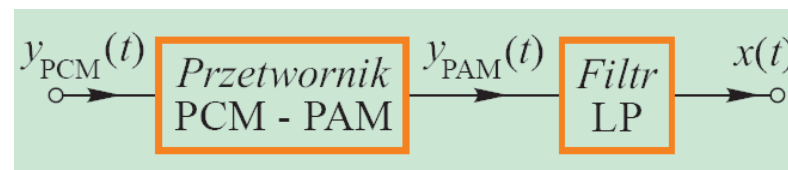
Generacja sygnału PCM



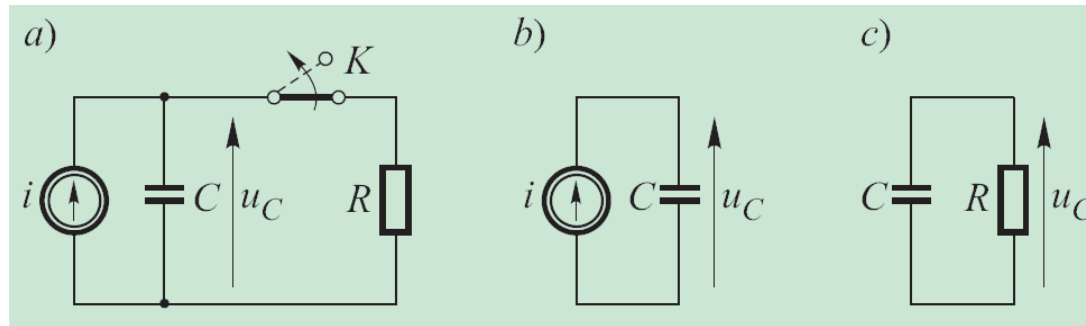
Schemat blokowy generatora sygnału PCM



Demodulacja sygnału PCM



Przetwornik PCM-PAM



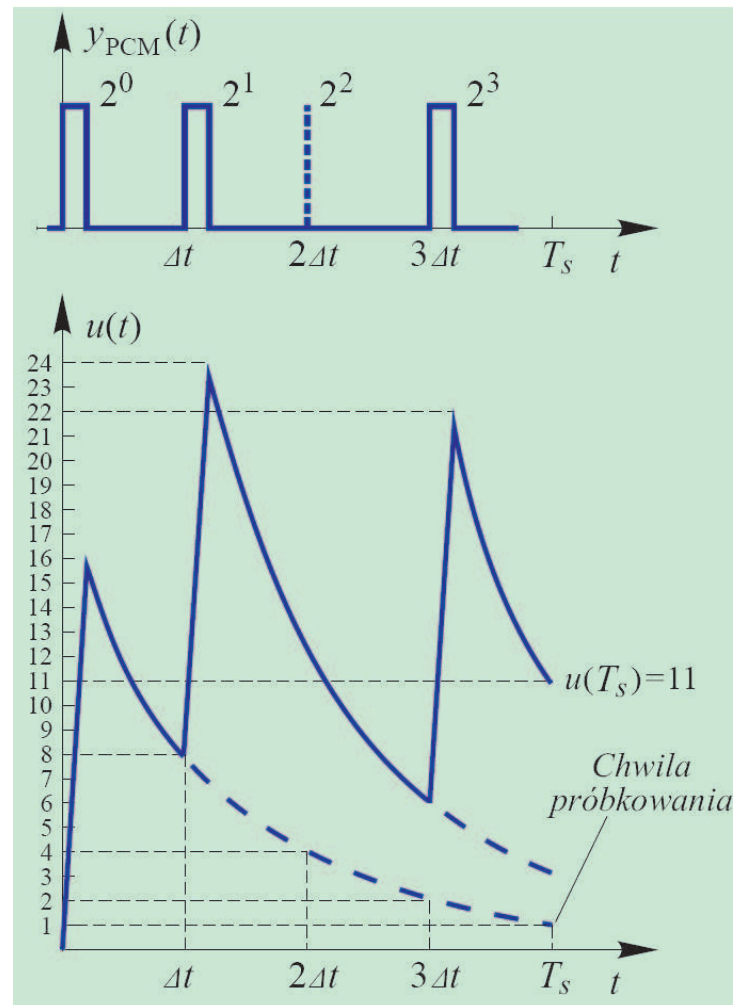
$$u_C(s) = \frac{1}{sC}i(s) + \frac{u_0}{s}$$

$$i(t) = I_0 \mathbf{1}(t), \quad i(s) = \frac{I_0}{s}$$

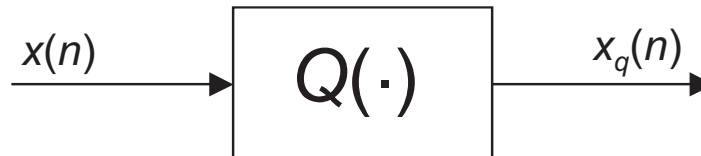
$$u_C(s) = \frac{I_0}{s^2 C} + \frac{u_0}{s}$$

$$u_C(t) = \frac{I_0}{C}t + u_0, \quad 0 < t \leq \tau$$

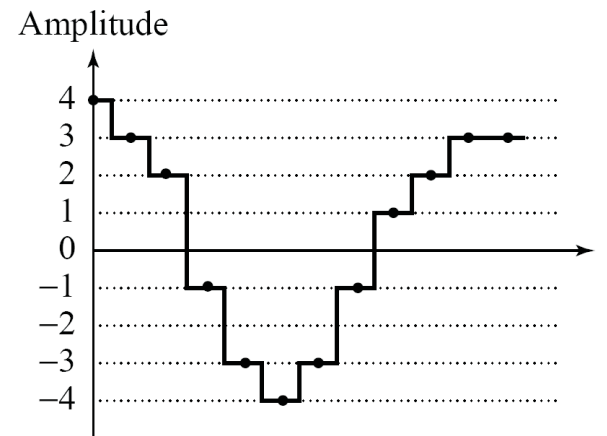
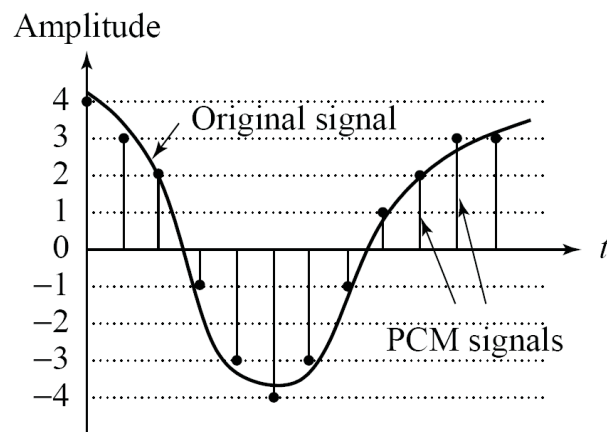
Przetwornik PCM-PAM



Kodowanie PCM sygnału mowy

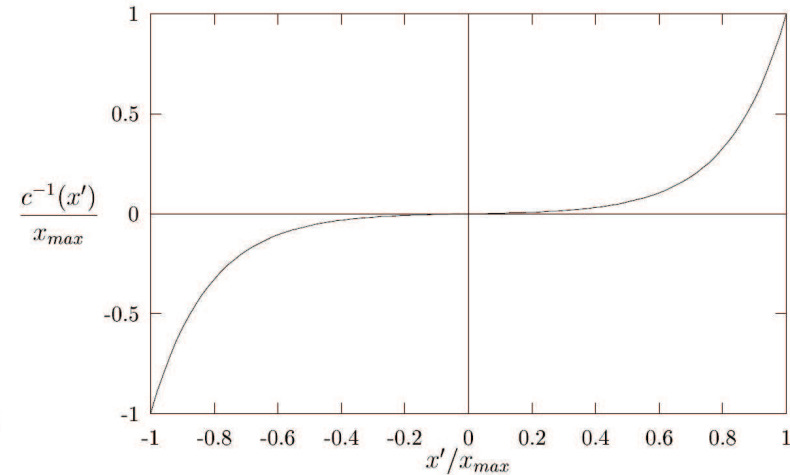
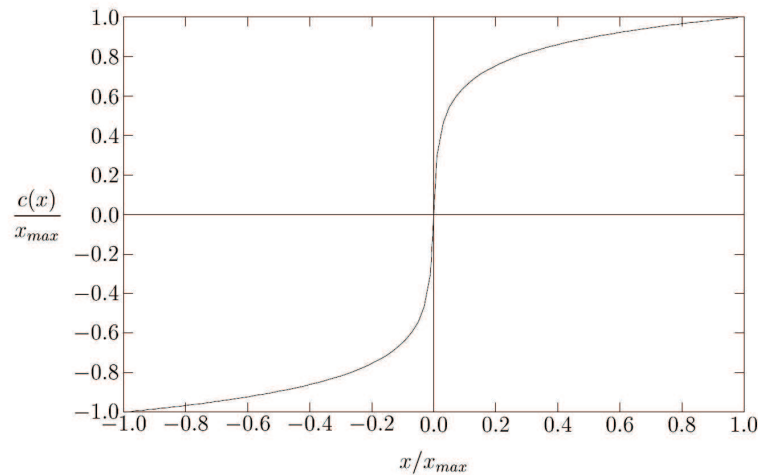


Próbkowanie \Rightarrow Kwantyzacja \Rightarrow Kodowanie



$$f_s = 8 \text{ kHz} \text{ oraz } b = 8 \Rightarrow 64 \text{ kb/s}$$

Kompresja i dekompresja sygnału w koderze PCM

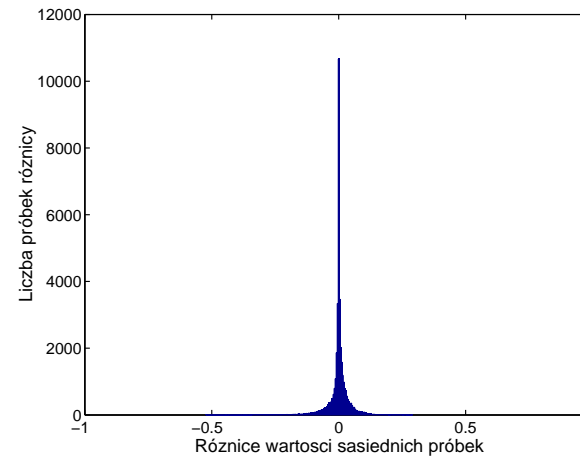
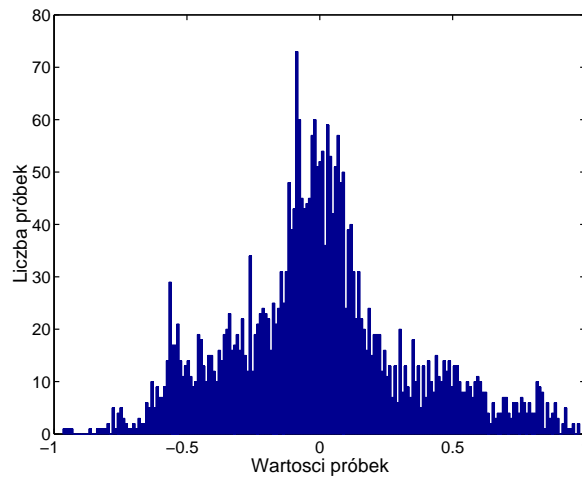
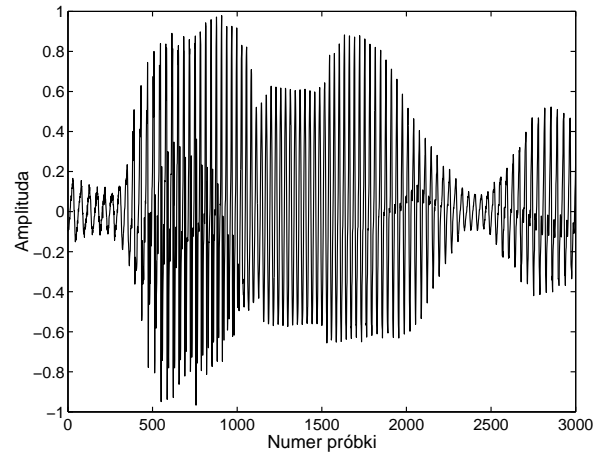


Companding → **compression** i **expanding**

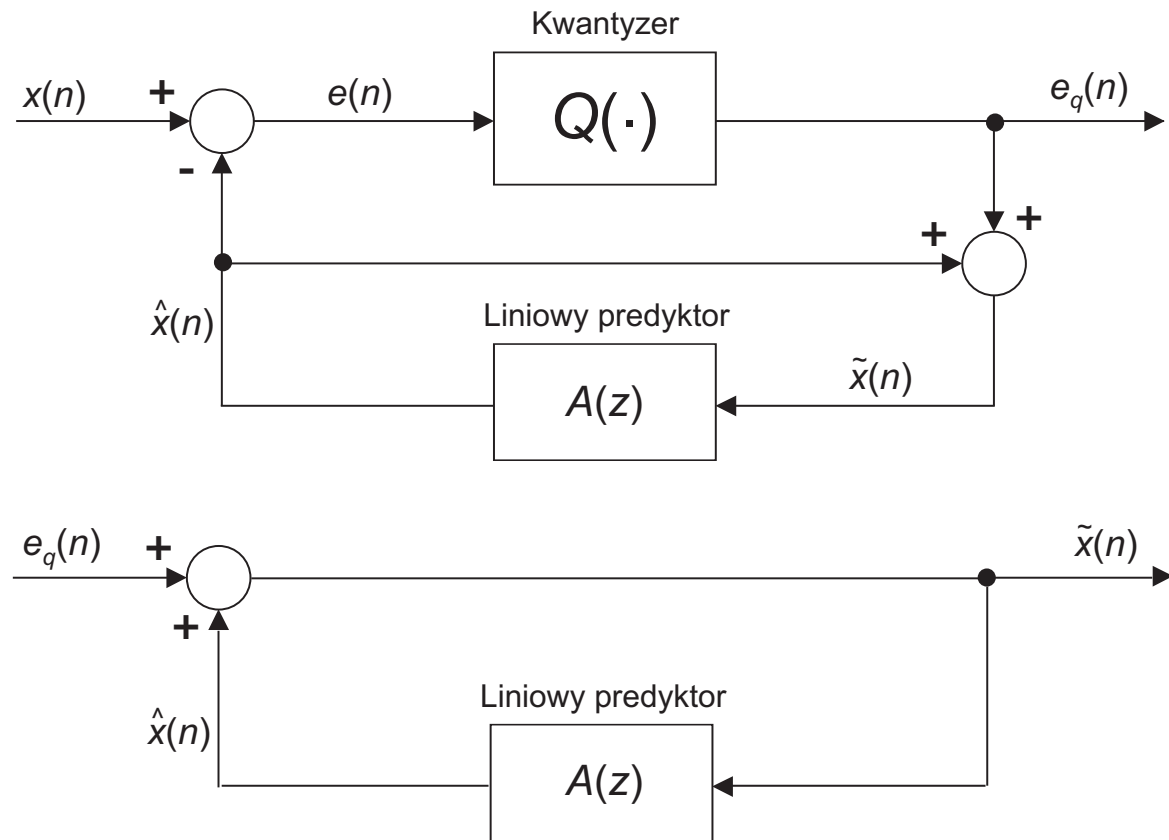
Funkcje kompresji (*companding functions*) typu:

- *A-Law* (europejski standard PCM)
- *μ-Law* (amerykański standard PCM)

Kodowanie różnicowe DPCM (*Differential Pulse Code Modulation*)



Kodowanie różnicowe DPCM c.d.



$$A(z) = \sum_{k=1}^N a_k z^{-k}$$

Kodowanie różnicowe DPCM c.d.

$$\hat{x}(n) = \sum_{k=1}^N a_k \tilde{x}(n - k)$$

Błąd predykcji $e(n)$ i skwantowany błąd predykcji $e_q(n)$:

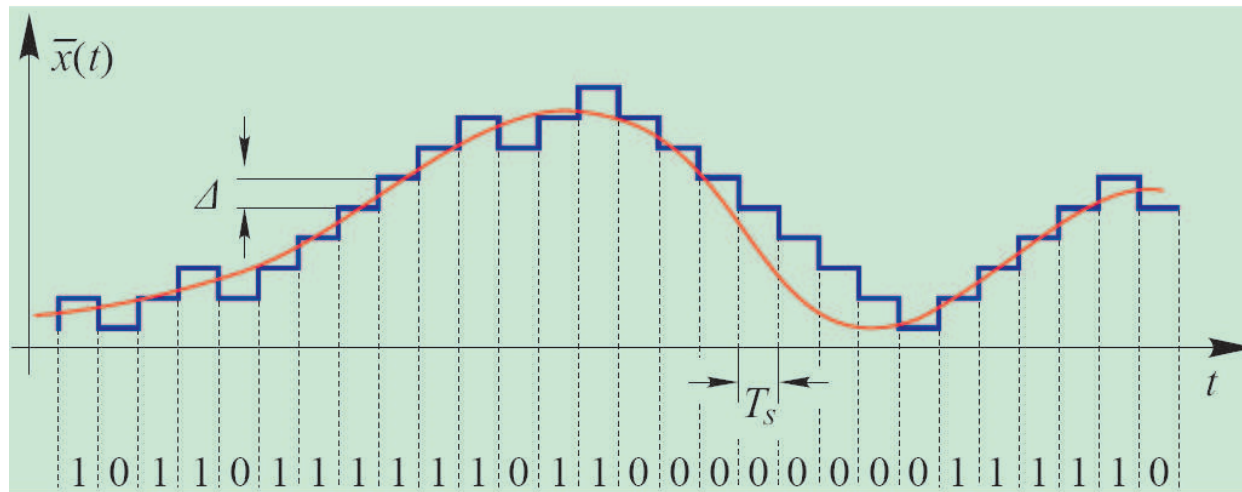
$$e(n) = x(n) - \hat{x}(n), \quad e_q(n) = e(n) - q(n)$$

$$\frac{\tilde{X}(z)}{E_q(z)} = \frac{1}{1 - A(z)}$$

Sygnal zrekonstruowany $\tilde{x}(n)$:

$$\left. \begin{aligned} \tilde{x}(n) &= e_q(n) + \hat{x}(n) = e(n) - q(n) + \hat{x}(n) \\ x(n) &= e(n) + \hat{x}(n) \end{aligned} \right\} \tilde{x}(n) = x(n) - q(n)$$

Modulacja Δ (DM)



$$e(nT_s) = x(nT_s) - \bar{x}(nT_s - T_s)$$

$$\bar{e}(nT_s) = \Delta \operatorname{sgn}[e(nT_s)]$$

$$\bar{x}(nT_s) = \bar{x}(nT_s - T_s) + \bar{e}(nT_s)$$

Schemat blokowy modulatora i demodulatora sygnału DM

