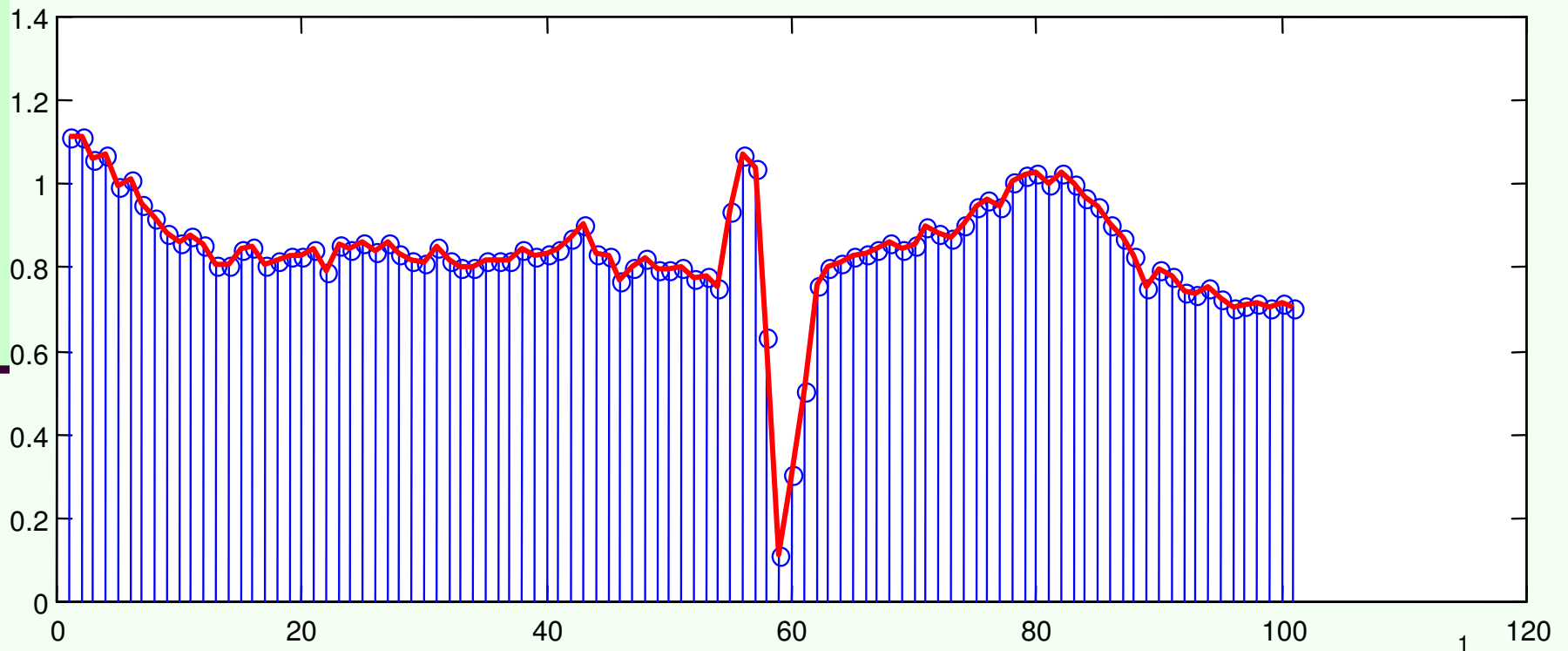


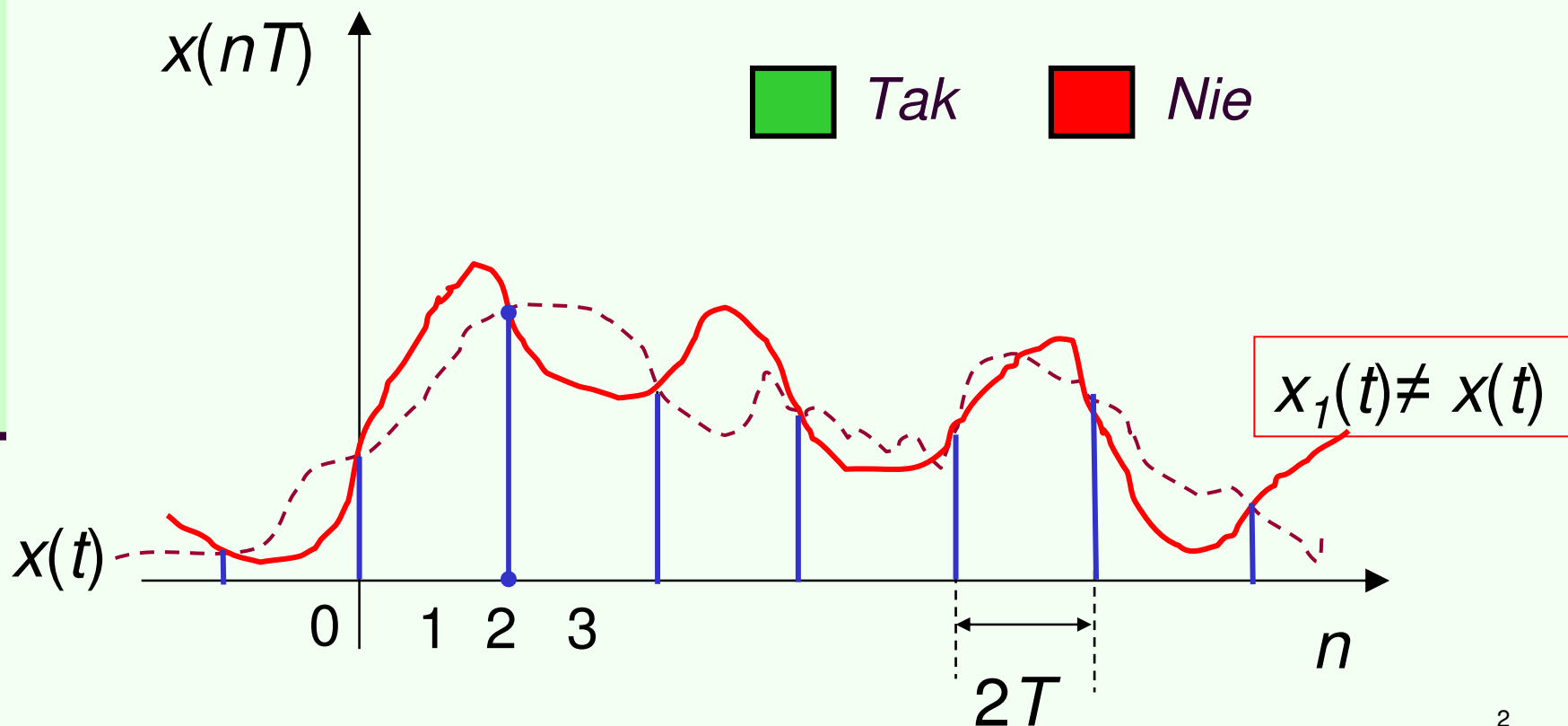
# Próbkowanie sygnałów

Próbkowanie dziedziny czasu sygnałów stosuje się w cyfrowych (komputerowych) systemach przetwarzania i analizy sygnałów



# Jak często próbkować sygnał?

- Czy sygnał analogowy i dyskretny w czasie mogą być równoważne?



# Próbkowanie sygnału

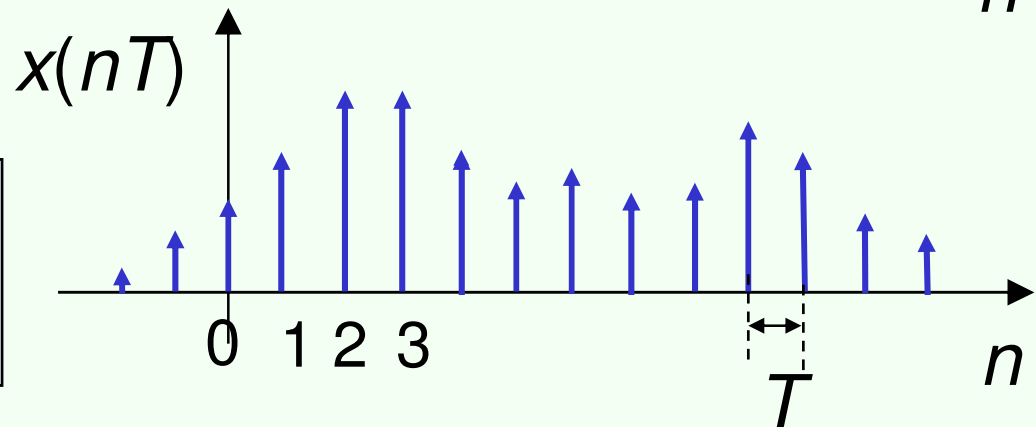
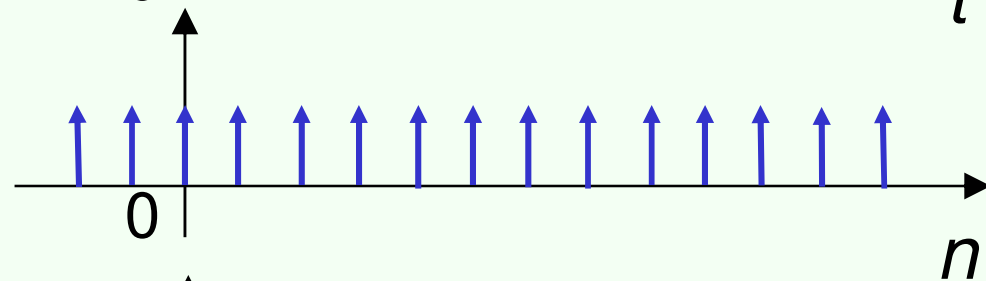
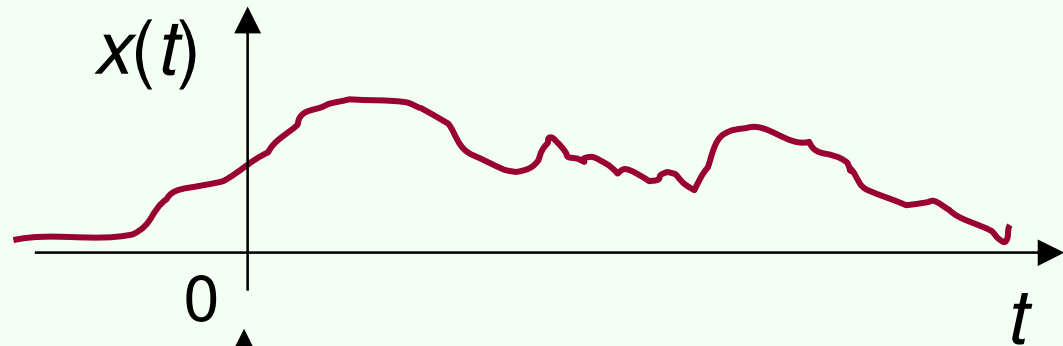
$$x(t)$$

**x**

$$\sum_{k=-\infty}^{k=\infty} \delta(n-k)$$

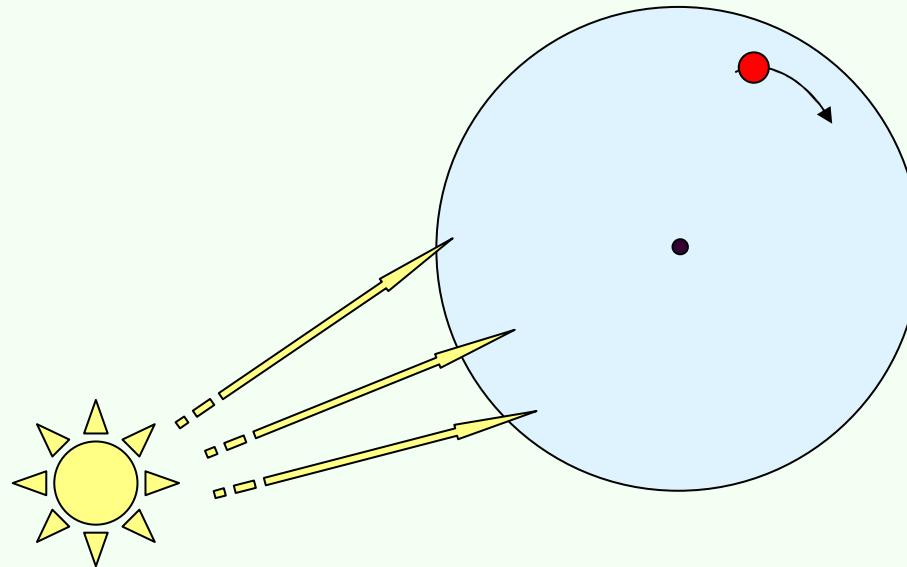
**=**

$$x(n) = \sum_{k=-\infty}^{k=\infty} x(t) \delta(n-k)$$



# Efekt stroboskopowy

Chcąc dokładnie obserwować prędkość obrotową dysku należy go oświetlać co najmniej dwukrotnie w okresie jego obrotu.



Lampa błyskowa

# Twierdzenie o próbkowaniu

! Sygnał  $x(t)$ , którego widmo  $X(j\omega)=0$  dla  $|\omega|>\omega_M$  można jednoznacznie odtworzyć na podstawie jego próbek jeżeli częstotliwość próbkowania  $f_s$  spełnia warunek:

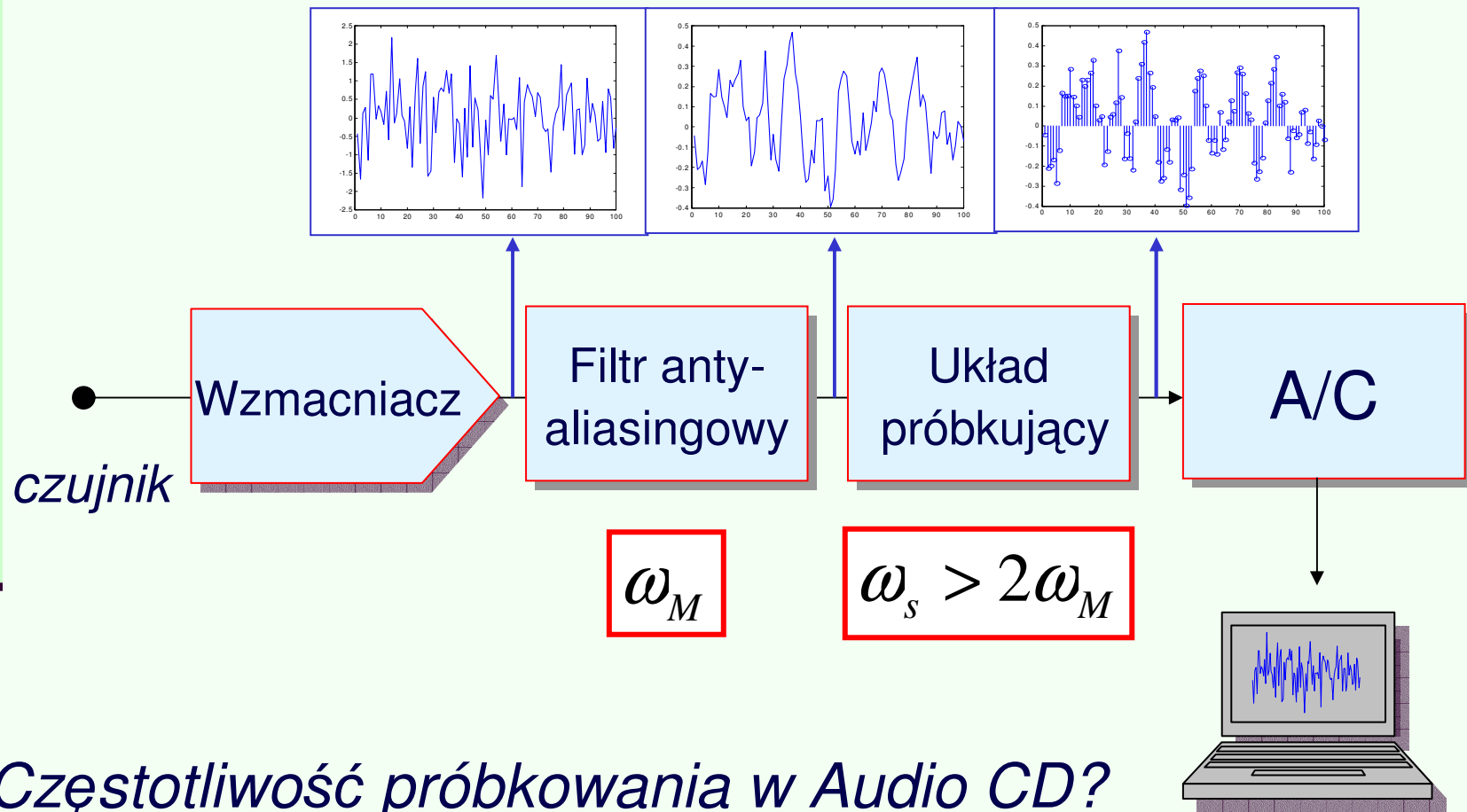
$$\frac{\omega_s}{2} > \omega_M$$

gdzie:

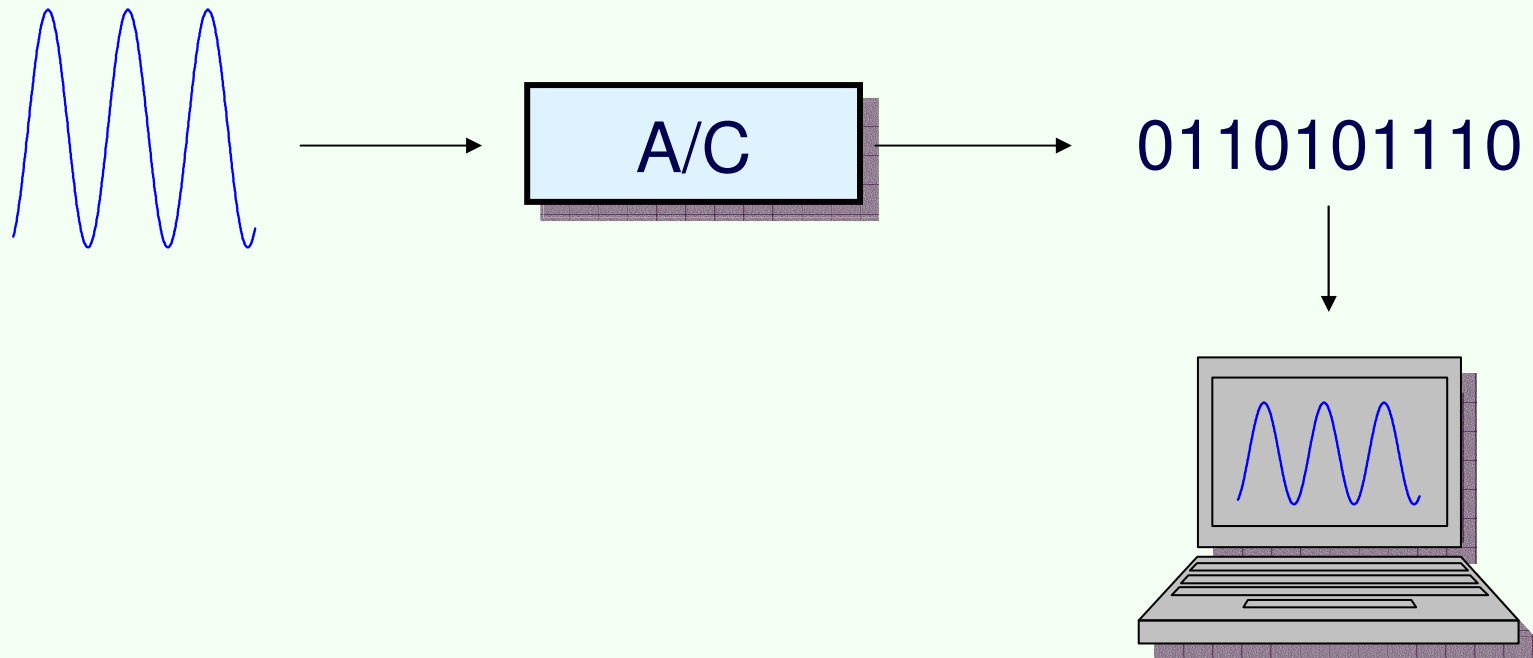
$$\omega_s = 2\pi f_s = \frac{2\pi}{T}$$

częstotliwość  
Nyquista

# Układ akwizycji sygnału



# Przetwarzanie analogowo-cyfrowe sygnałów



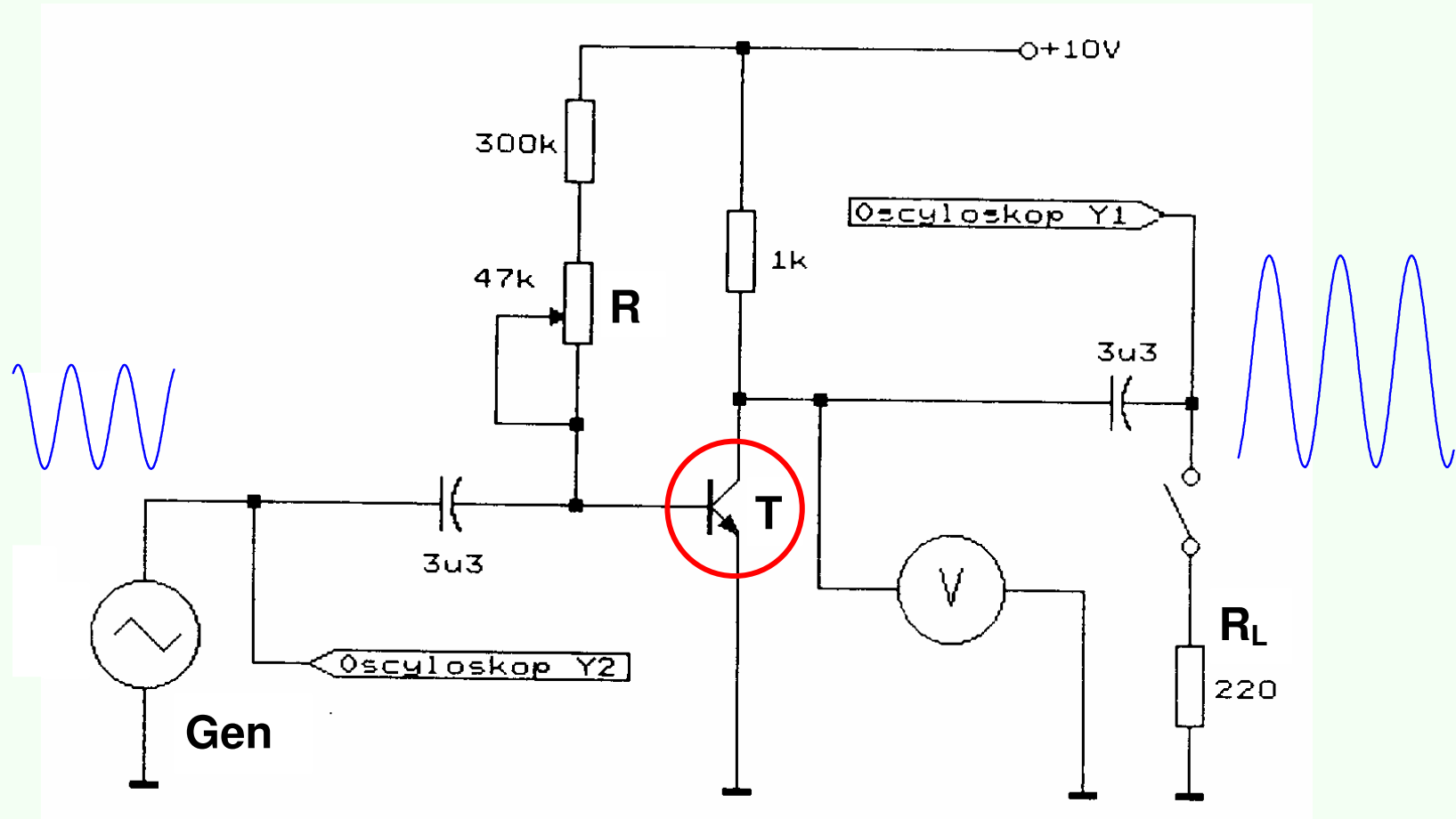
# Po co przekształcać sygnał do postaci cyfrowej?

---

- Można stosować komputerowe metody rejestracji, przetwarzania i analizy sygnałów
- parametry systemów cyfrowych nie podlegają zmianom w czasie są m.in. niezależnie od zmian temperatury
- można stosować złożone procedury przetwarzania i analizy sygnałów, które dzięki programowej realizacji można łatwo modyfikować
- sygnał w postaci cyfrowej łatwo zapamiętać w postaci elektronicznej i przesyłać

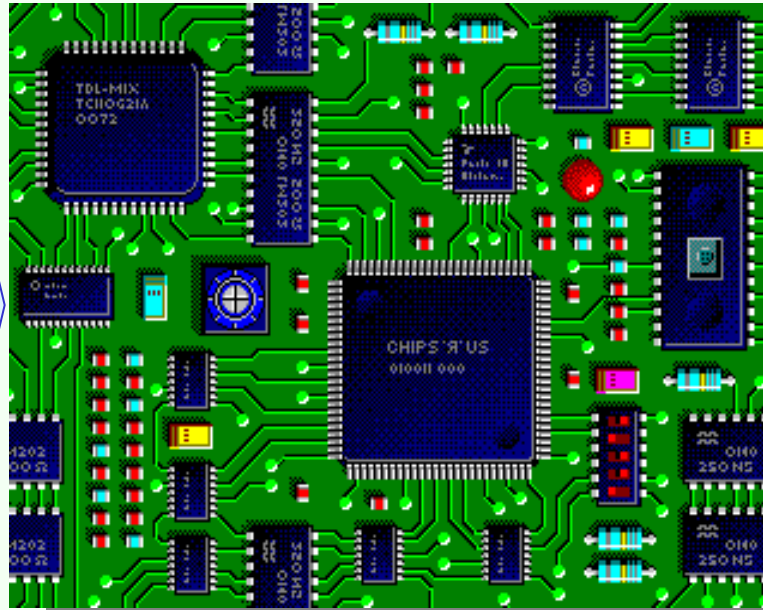


# Przykład elektronicznego układu analogowego

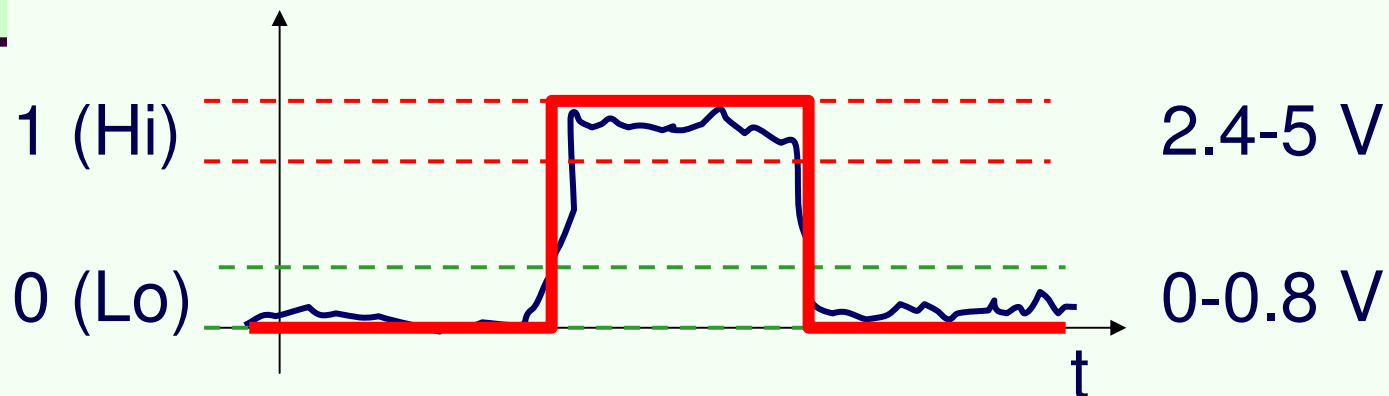


# Przykład elektronicznego układu cyfrowego

01100011001  
01001000100  
01001001001  
.....  
.....

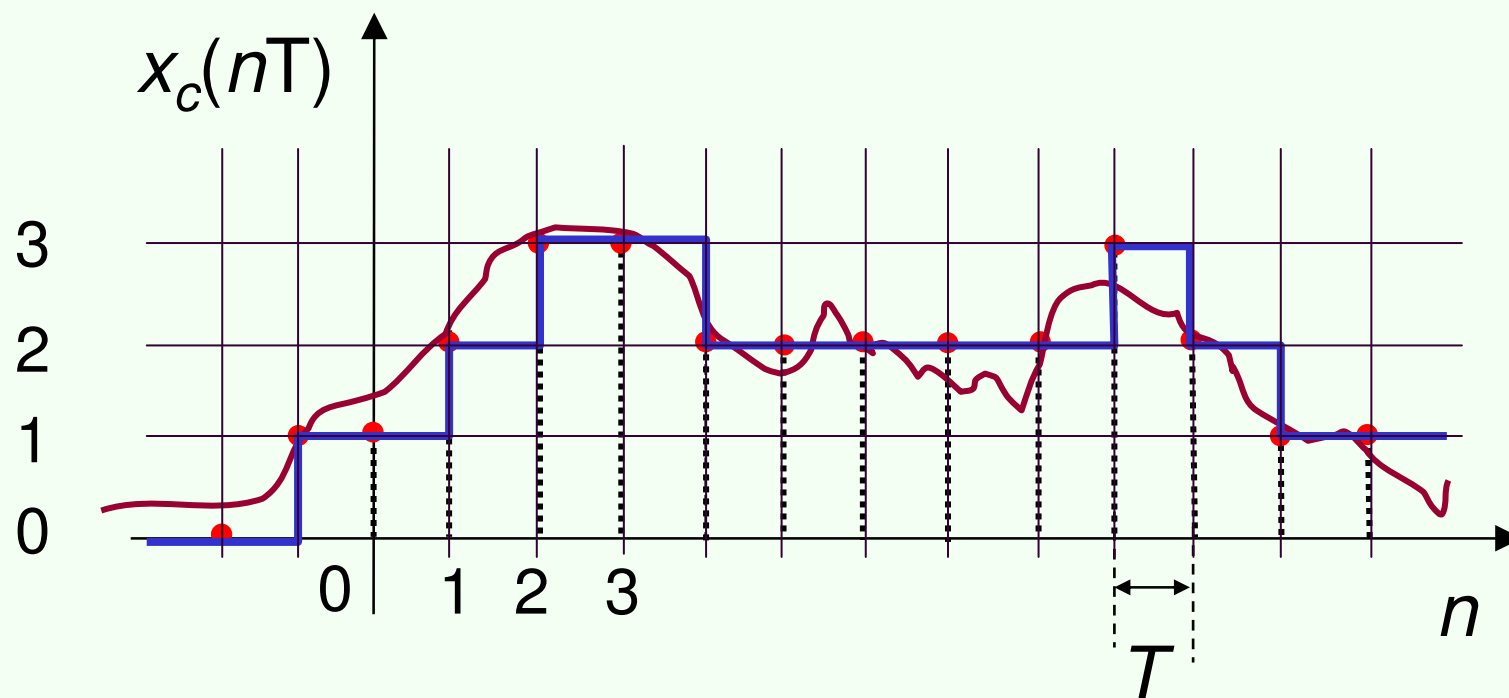


11100011001  
01001010101  
01001011001  
.....  
.....



# Sygnal cyfrowy

- Kwantyzacja amplitudy próbek jest działaniem **nieodwracalnym**, np.  $\text{round}(4.3) = 4$



# Kodowanie cyfrowe a odstęp sygnału od szumu kwantowania

---

Praktyczny wzór do zapamiętania:

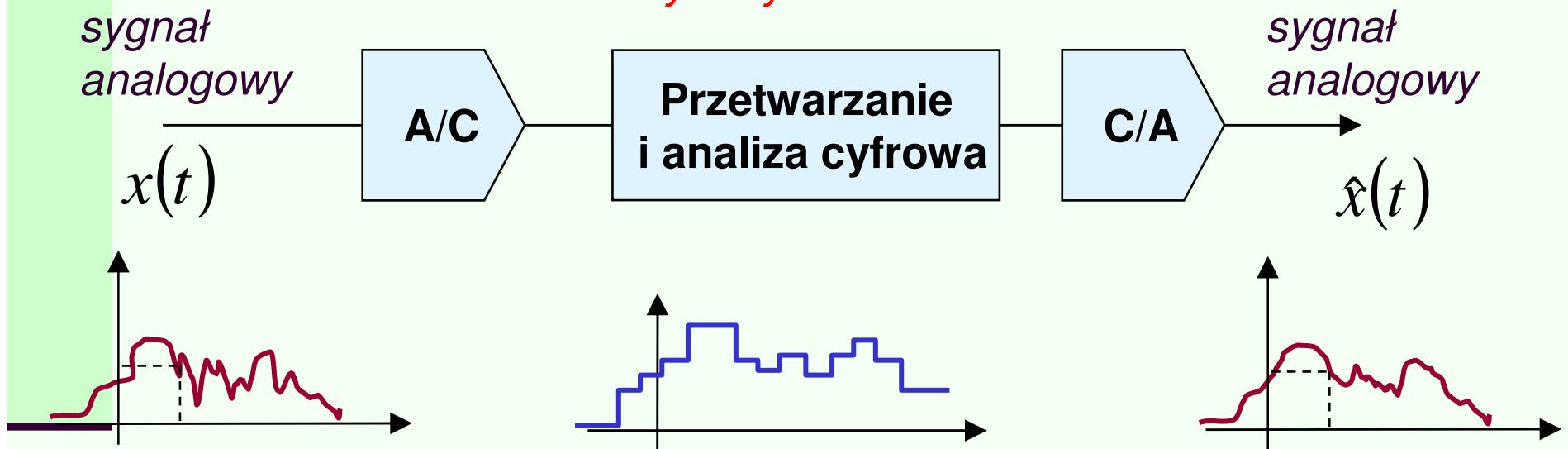
!

$$SNR_{dB} \cong 6.02b - 1.24 \text{ [dB]}$$

np. 11 bitów próbkowania sygnału EKG w bazie MIT-BIH zapewnia dynamikę sygnału ~65 dB

# Cyfrowy system przetwarzania sygnałów

*przetwarzanie w czasie rzeczywistym*



$$x(t) \neq \hat{x}(t)$$