KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

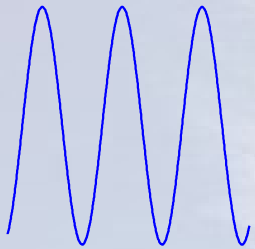
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

„SIGNAL PROCESSING”

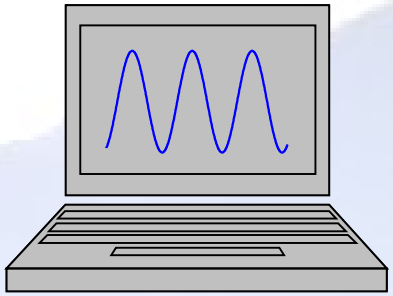
Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego w projekcie pt.

„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń - zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej - zarządzanie Uczelnią, nowoczesna oferta edukacyjna i wzmacniania zdolności do zatrudniania osób niepełnosprawnych”

Analog-digital signal processing



0110101110

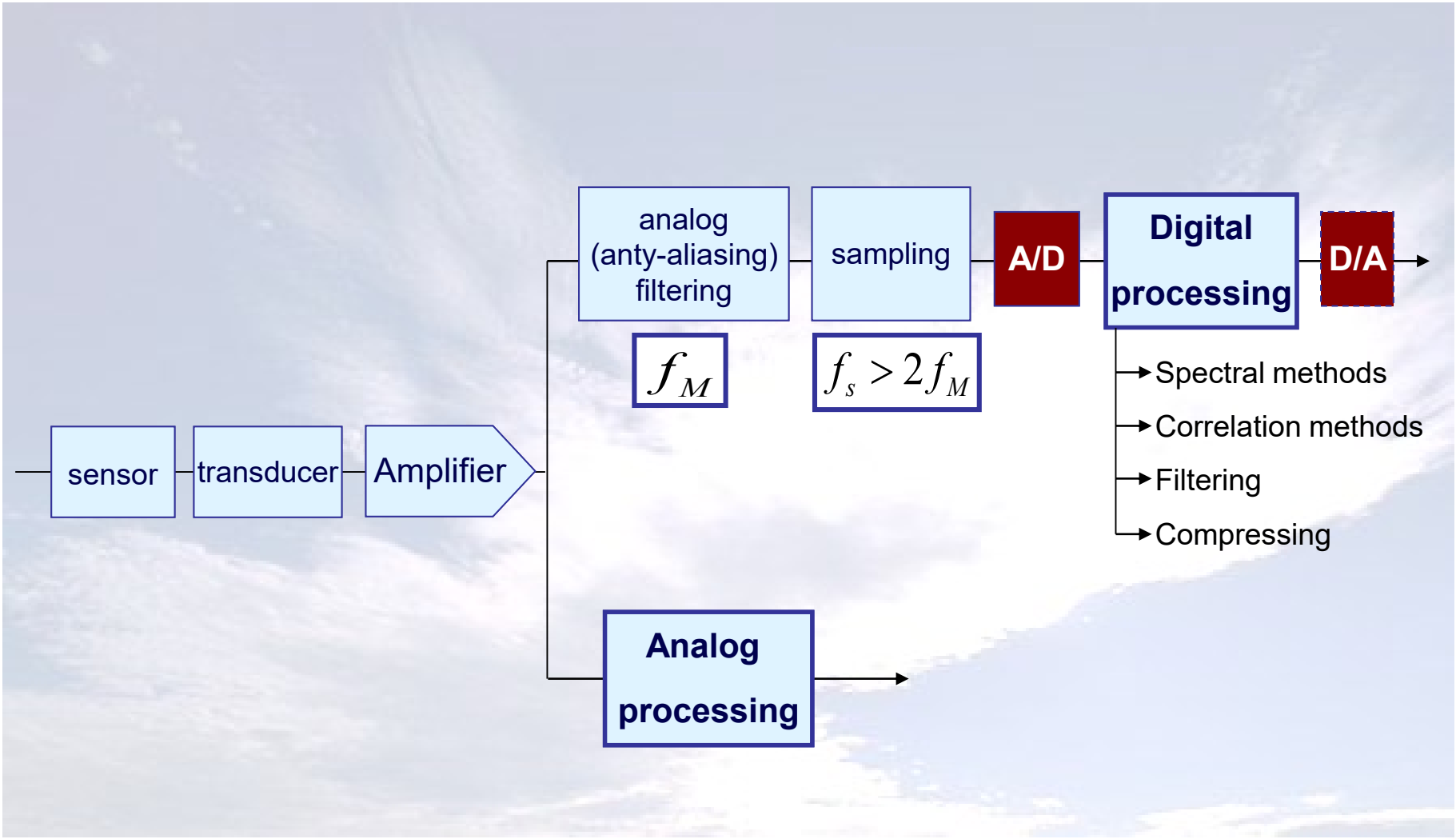


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Signal processing



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Why to convert an analog signal to a digital one?

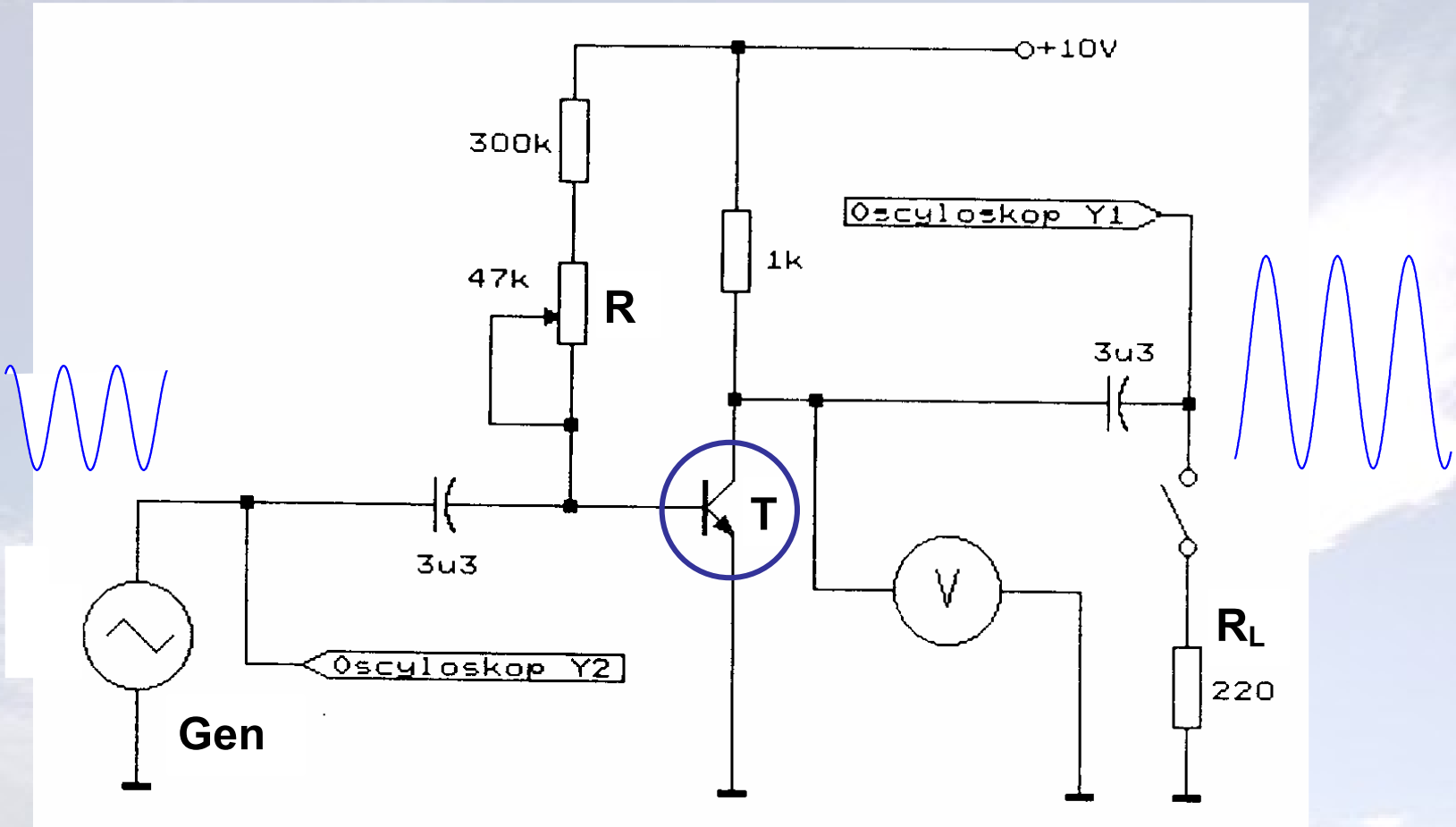
- Computer-based methods for registration, processing and analysis can be implemented
- Parameters of the digital systems do not vary in time (eg. they are not dependent on temperature)
- Sophisticated signal processing procedures can be applied and easily modified due to programmable realisation
- Digital signal can easily stored and transmitted

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Analog electronic system example



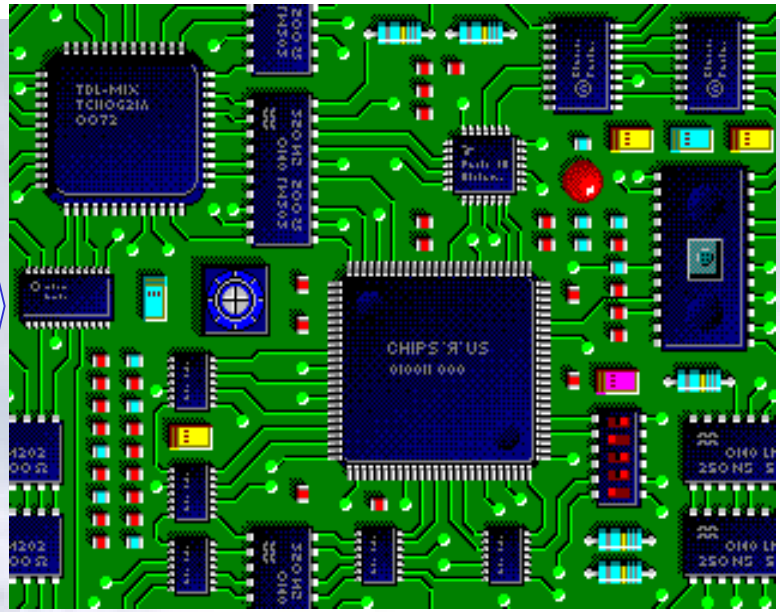
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

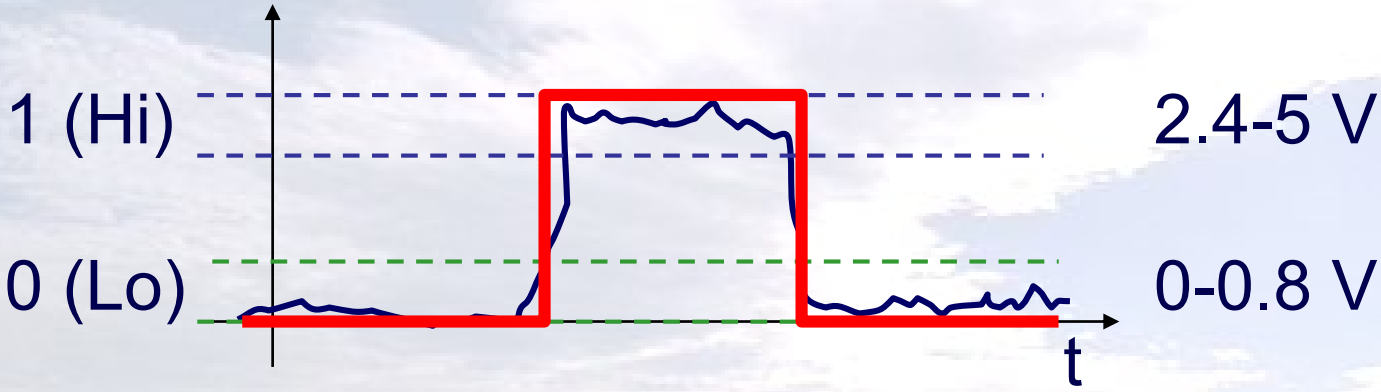
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Digital system example

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



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

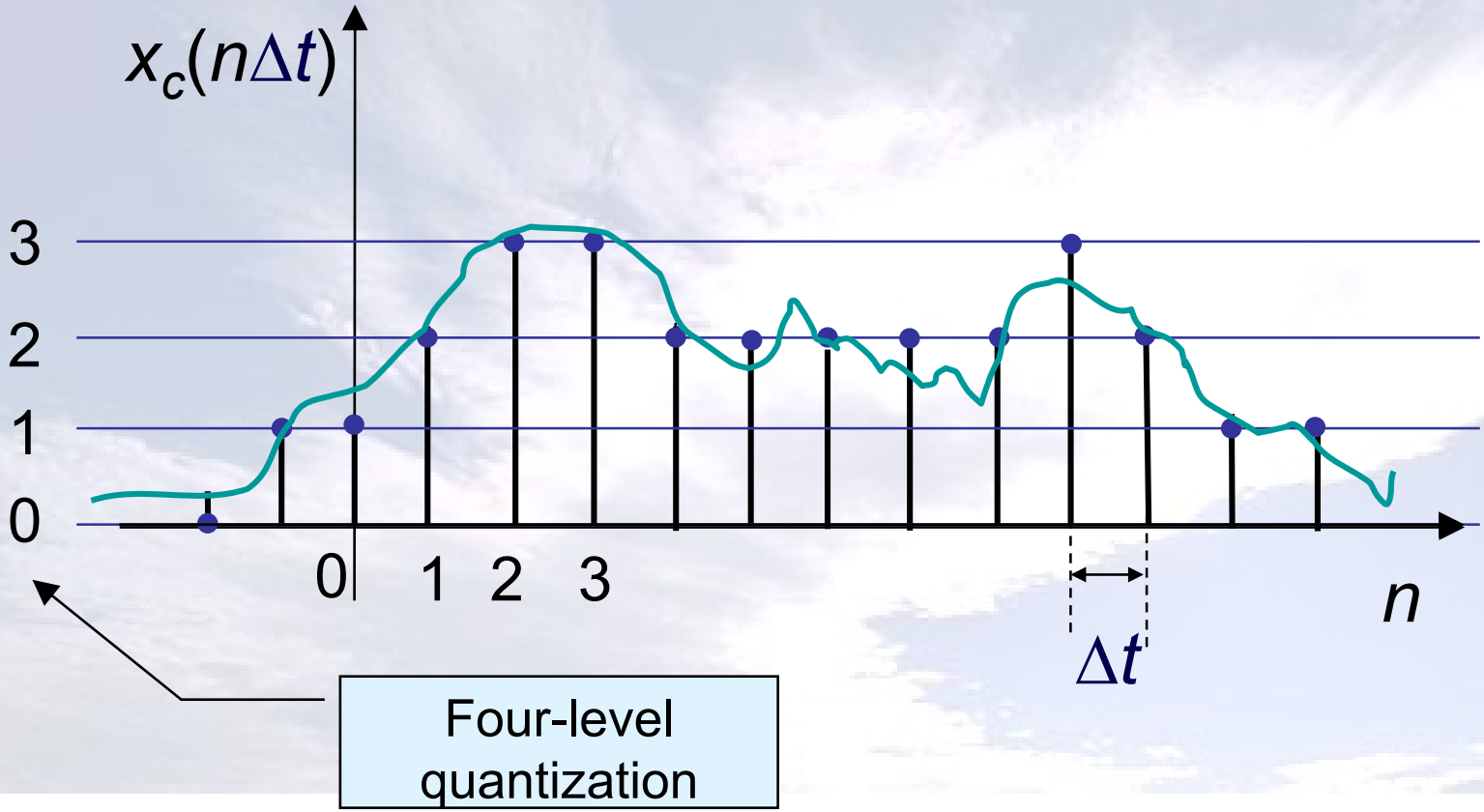


2.4-5 V

0-0.8 V

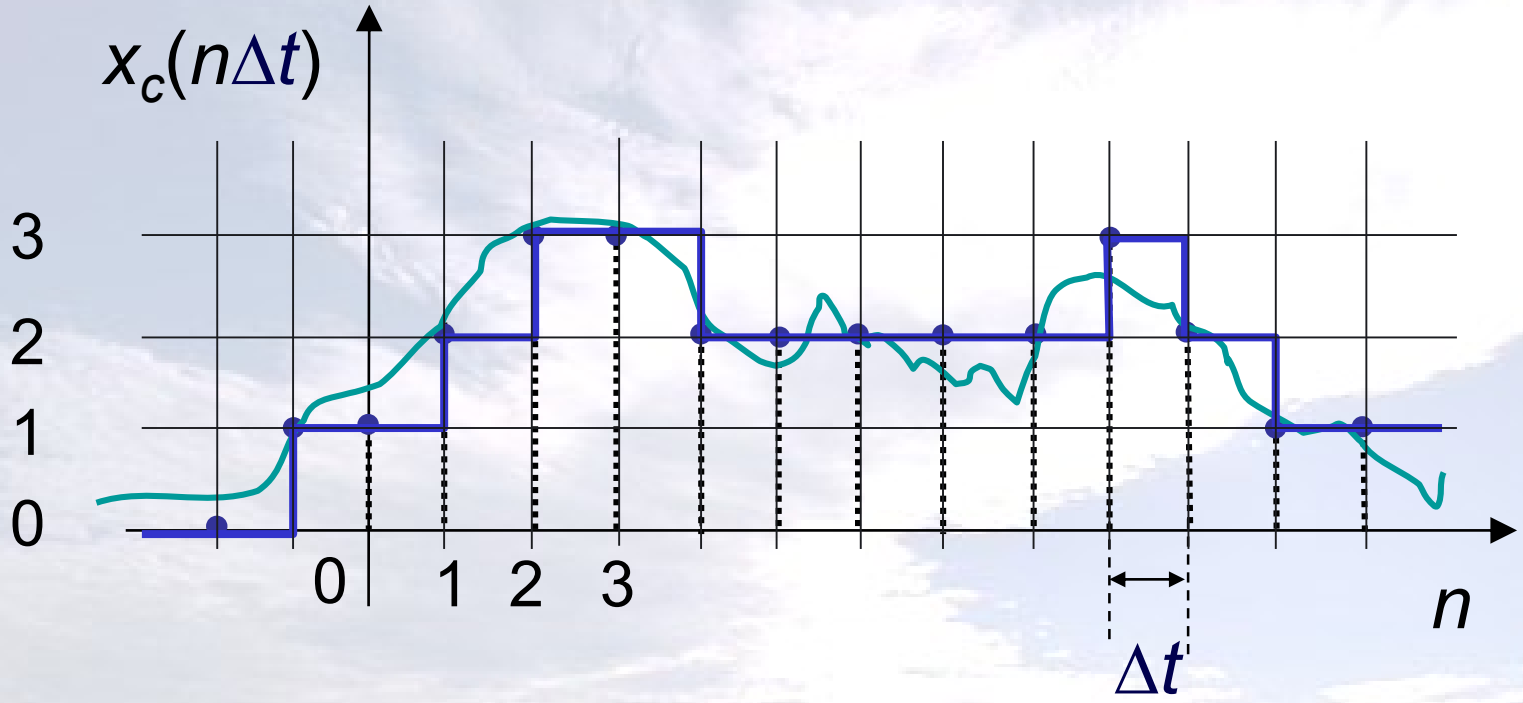
Discrete vs digital signal

- A **discrete** signal whose samples are **quantified** to discrete values is called a **digital** signal.

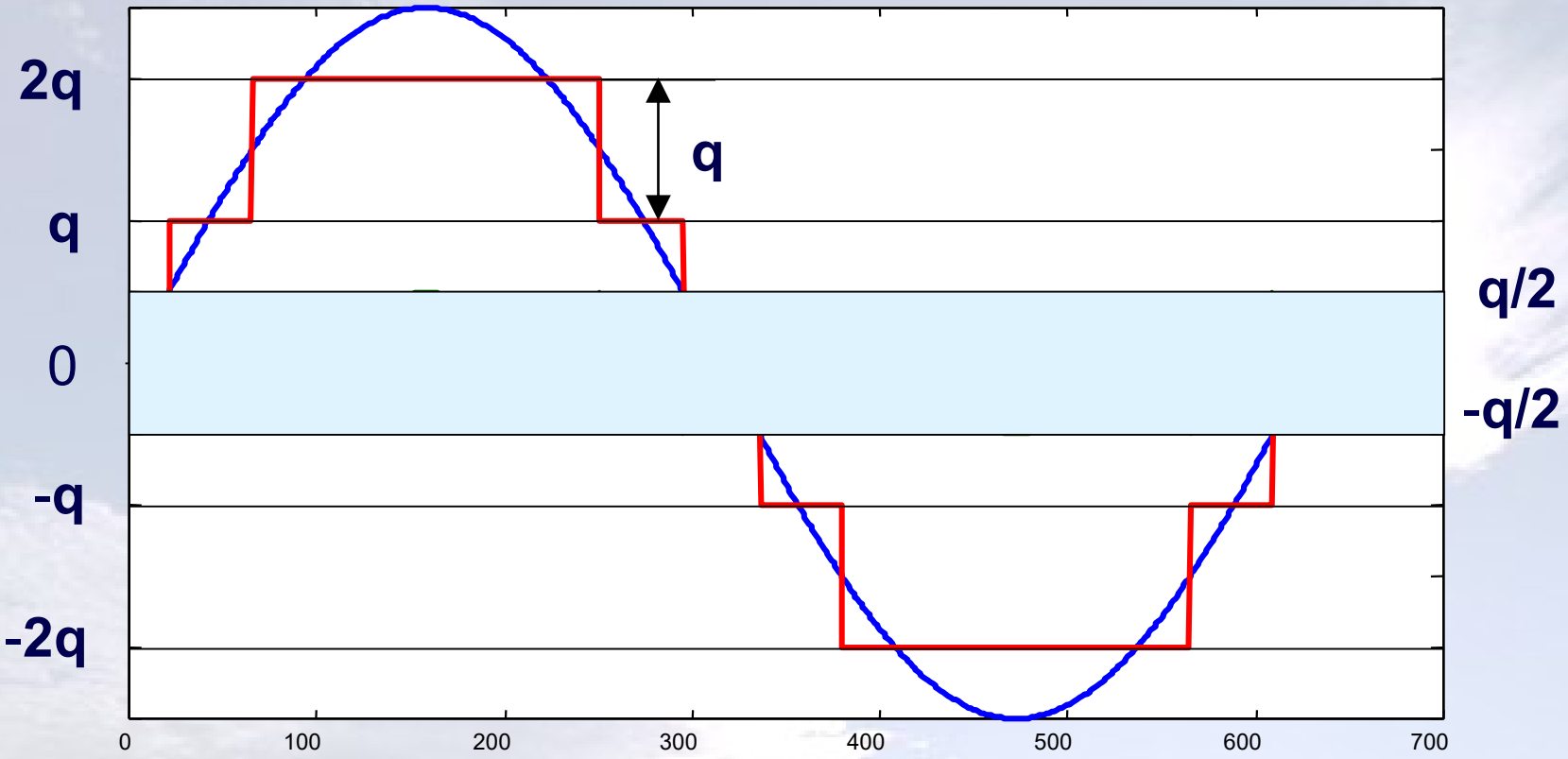


Digital signal

- Quantization is an irreversible operation, eg `round(4.3)=4`



Quantization noise



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

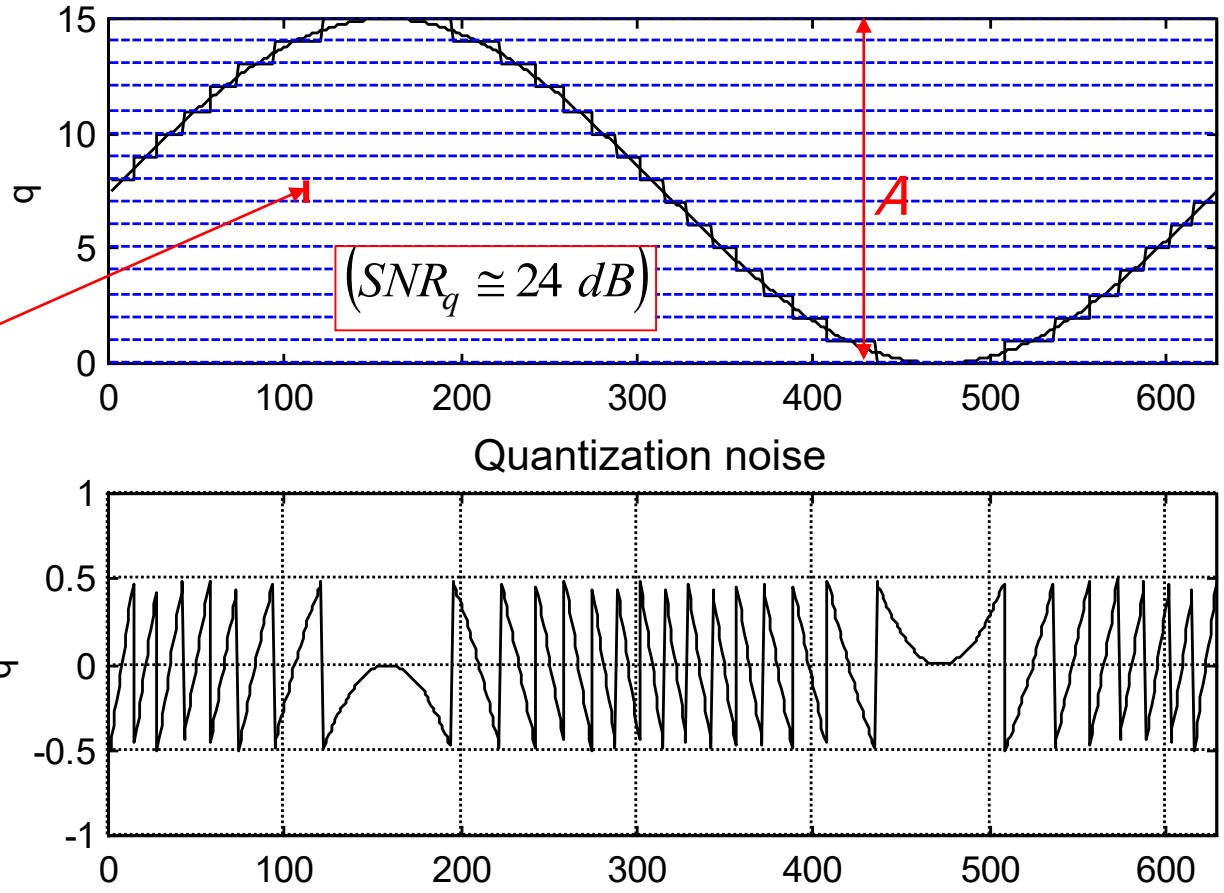
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Quantization noise

Quantization step:

$$q = \frac{A}{2^B - 1}$$



Signal to quantization noise ratio:

$$SNR_q = 20\log_{10}\left(\frac{A}{q}\right) = 20\log_{10}\left(2^B - 1\right) \cong 20\log_{10}\left(2^B\right) \cong 6B \quad [dB]$$

eg. for B=8, $SNR_q \cong 48$ dB

Digital coding and signal to noise ration (SNR)

Practical equation to remember:

!

$$SNR_{dB} \cong 6B\ [dB]$$

eg. encoding samples with 11 bits (ECG database of MIT-BIH) provides ~65 dB signal dynamics.

Conclusion: SNR parameter increases by 6dB with each added bit in the binary word coding signal samples.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

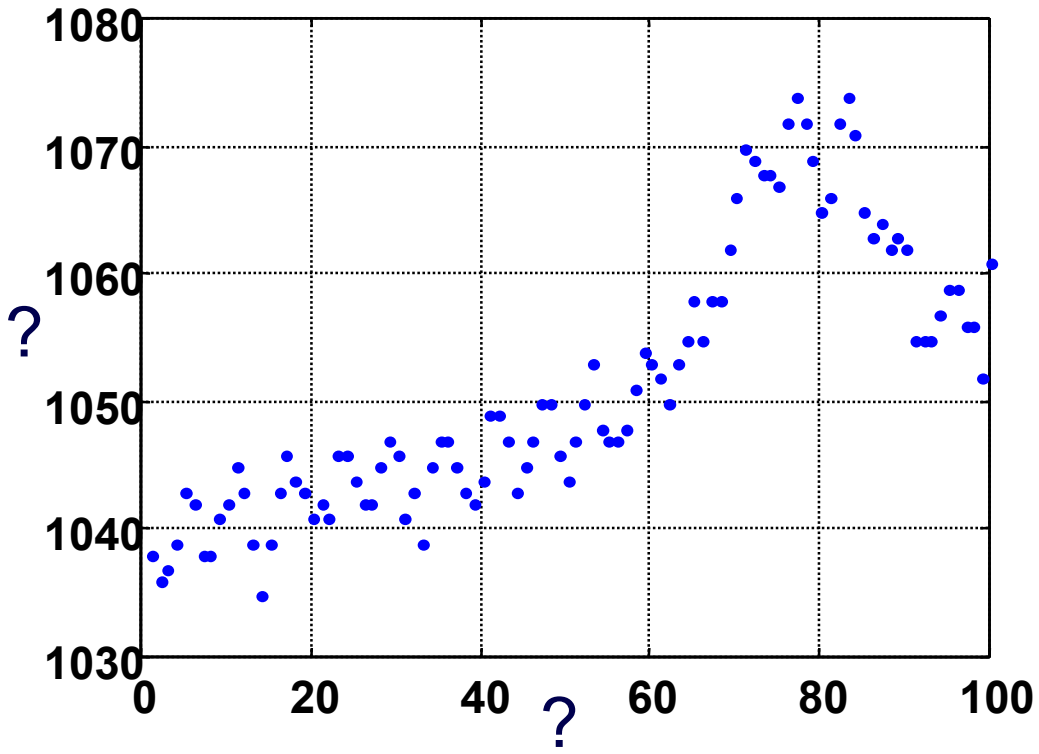
Digital signal - example

Data:

In ECG *MIT-BIH Arrhythmia Database* 11-bits A/D converter with sampling rate f_s=360 Hz is used to convert signals to the digital form. The converter operates in the range of input voltage +- *5 mV.*

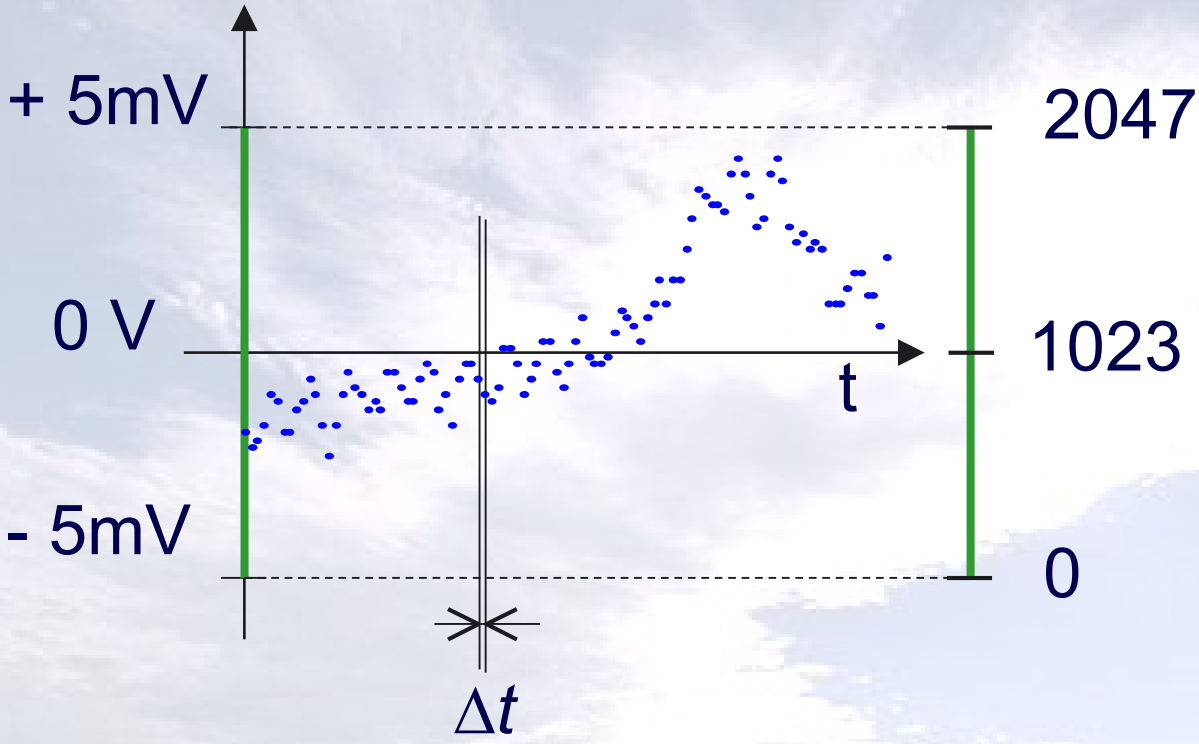
Task:

Find the real amplitudes of the ECG signal expressed in mV and the corresponding time instances in second.

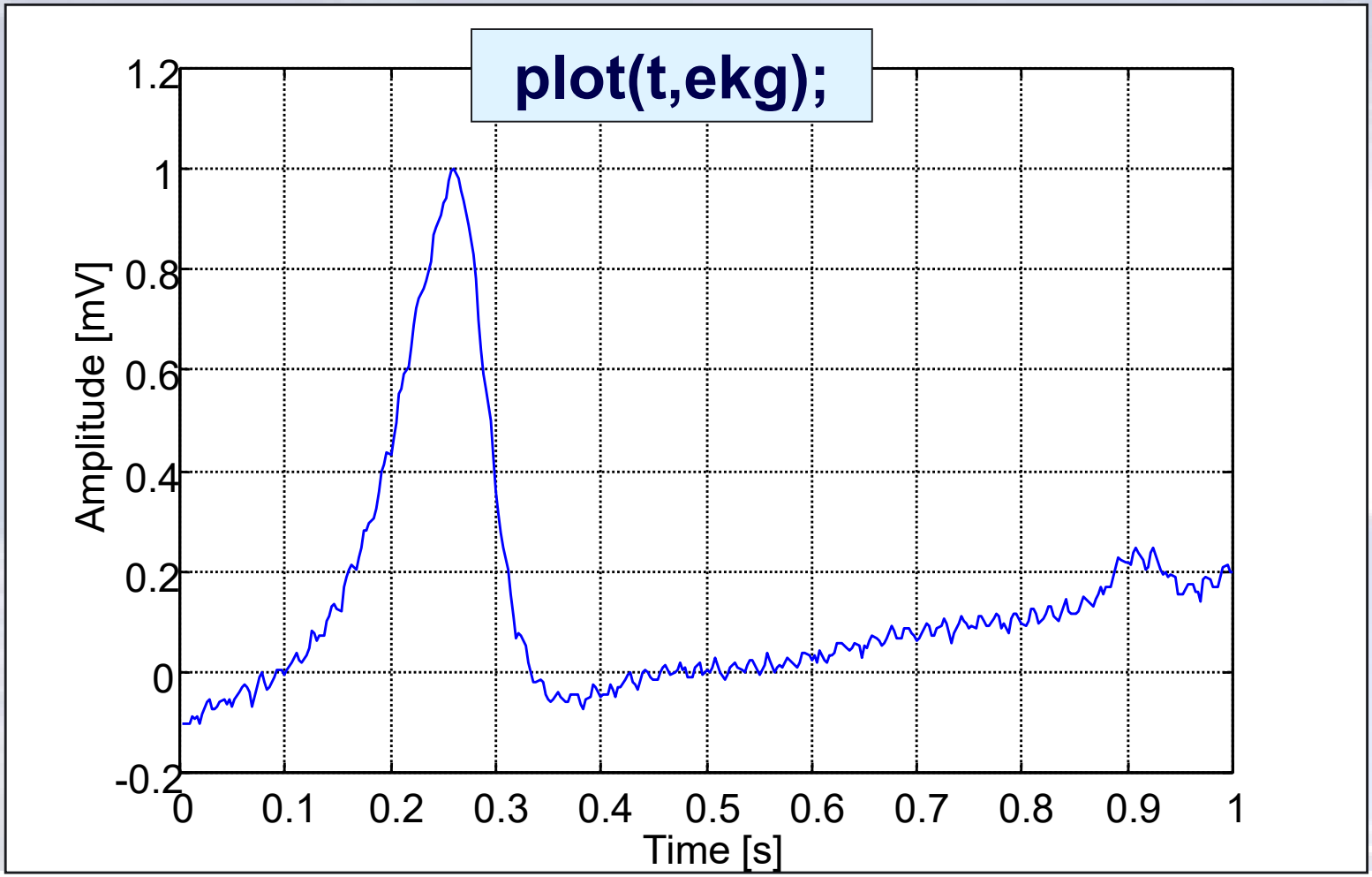


Digital signal - example

11 bit word corresponds to 2^{11}=2048 levels of quantization and the sampling frequency f_s=360 Hz corresponds to the sampling period $\Delta t=1/f_s$=~2.77..ms



Quantization - exercise

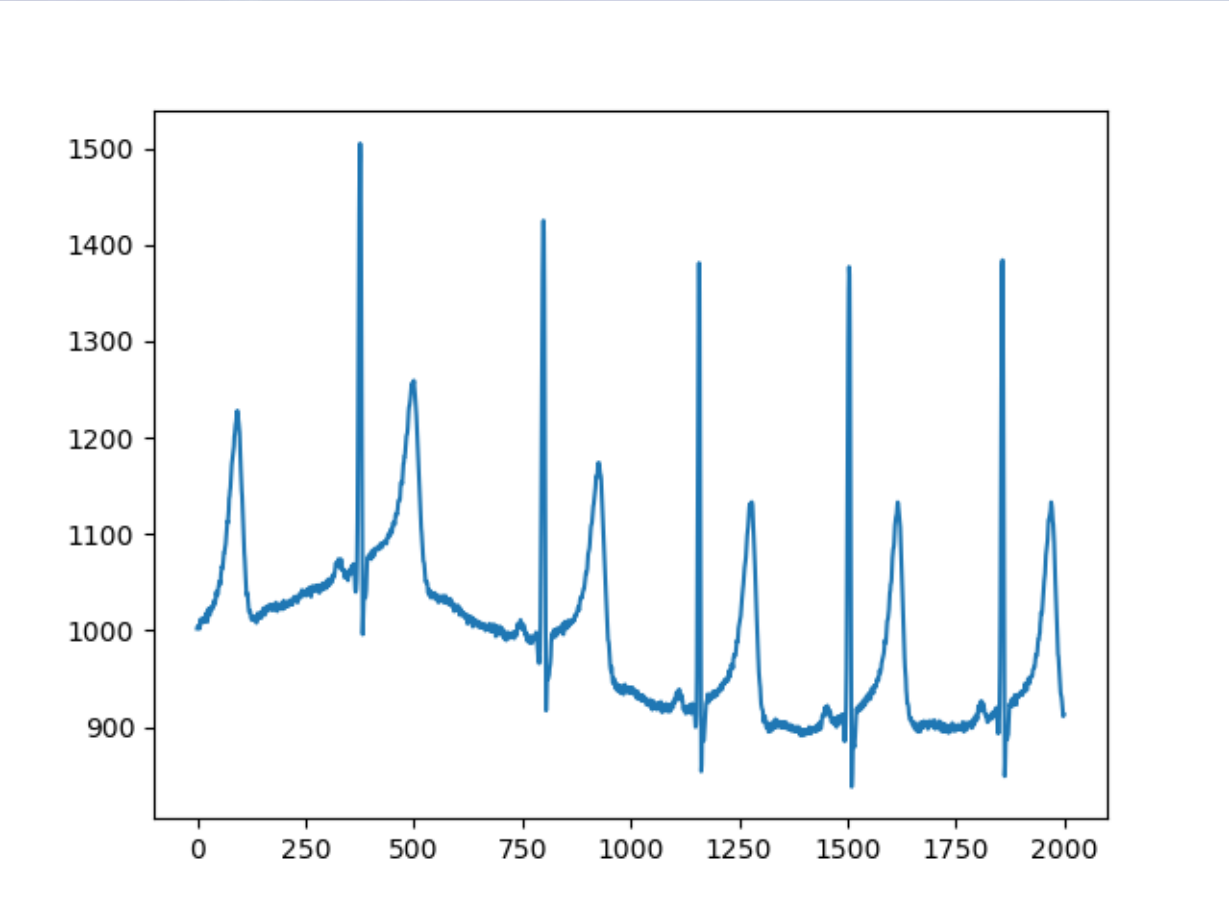


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Digitized ECG

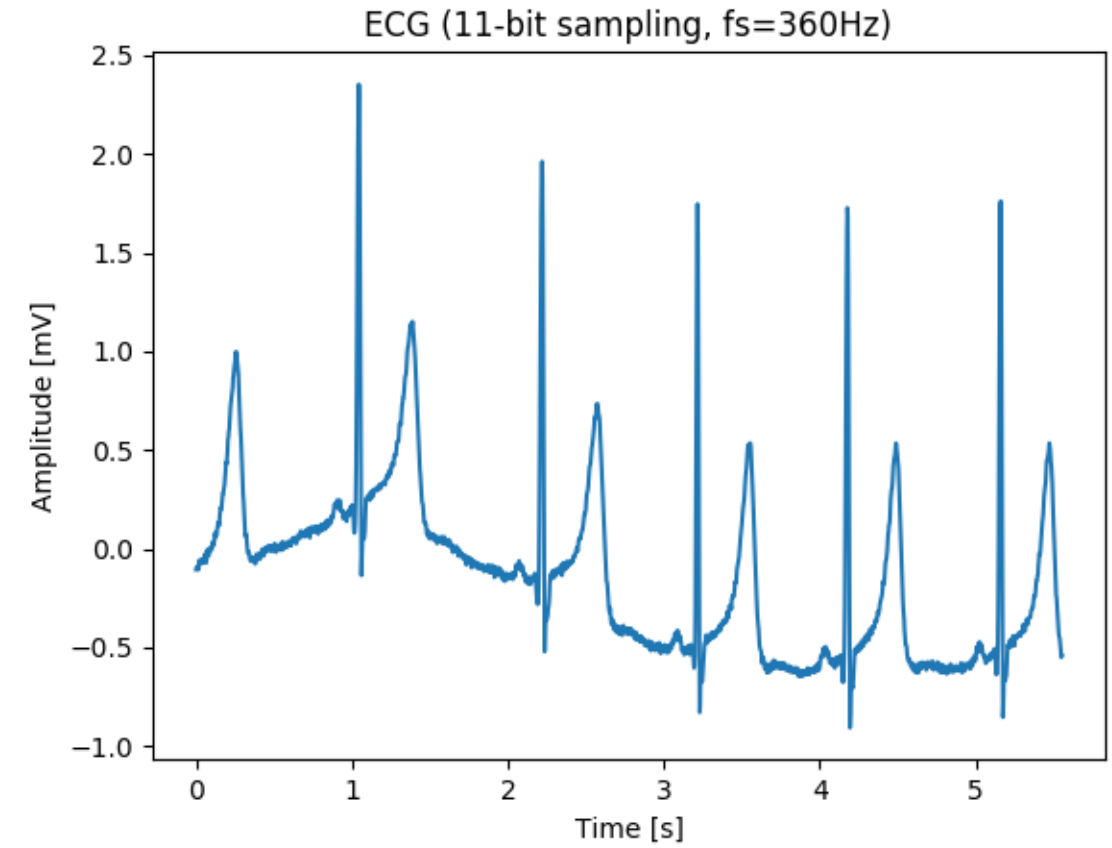


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

ECG scaled to voltages and time

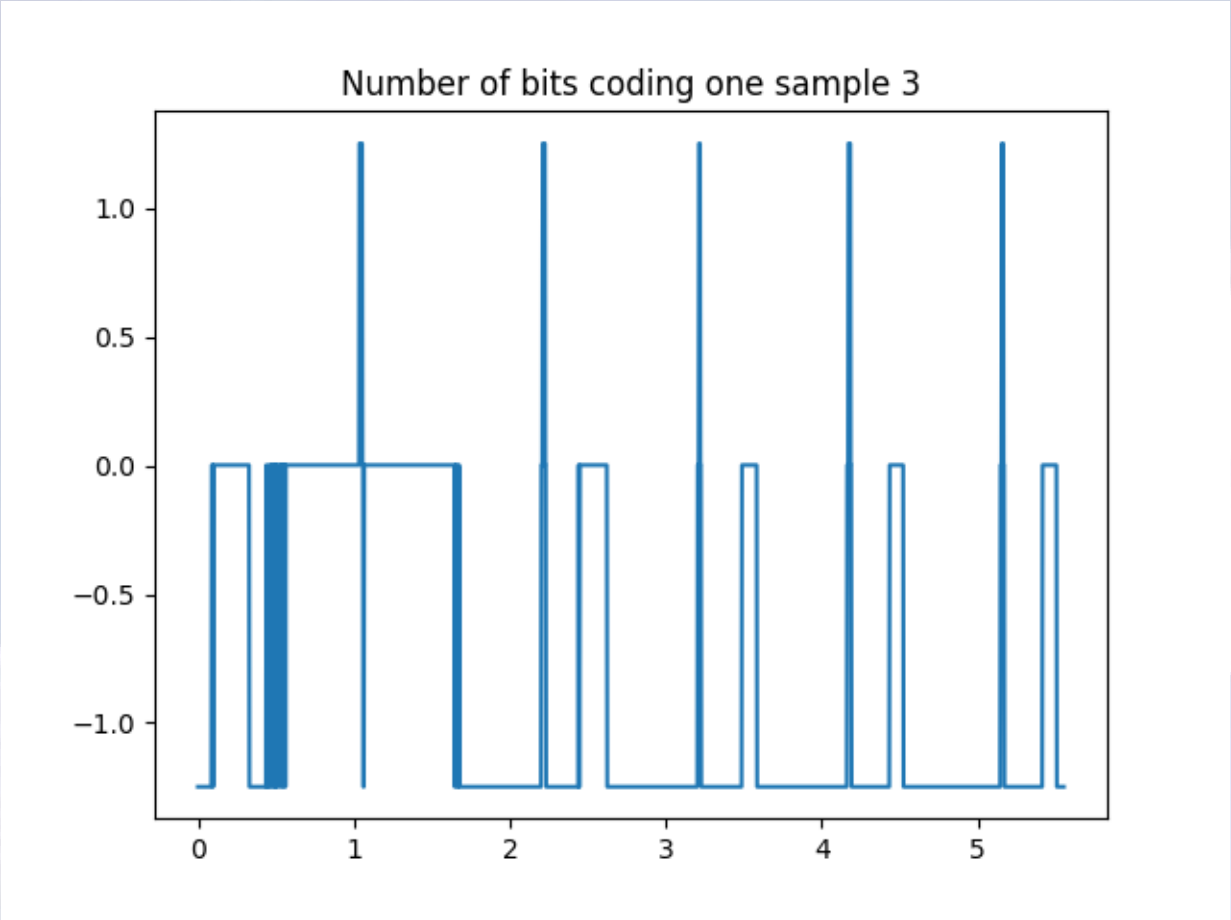


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Quantization effect

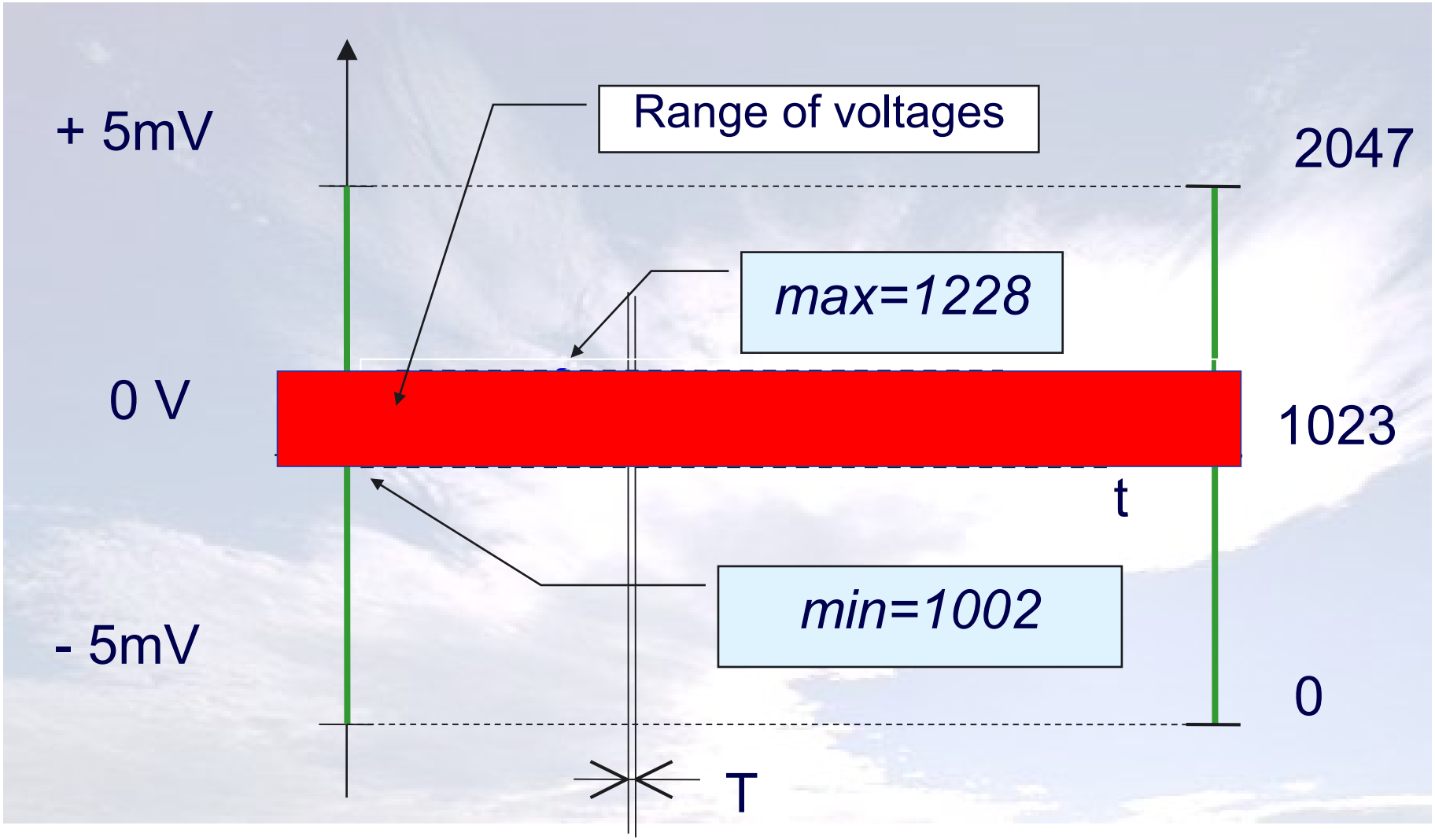


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

A/D converter range

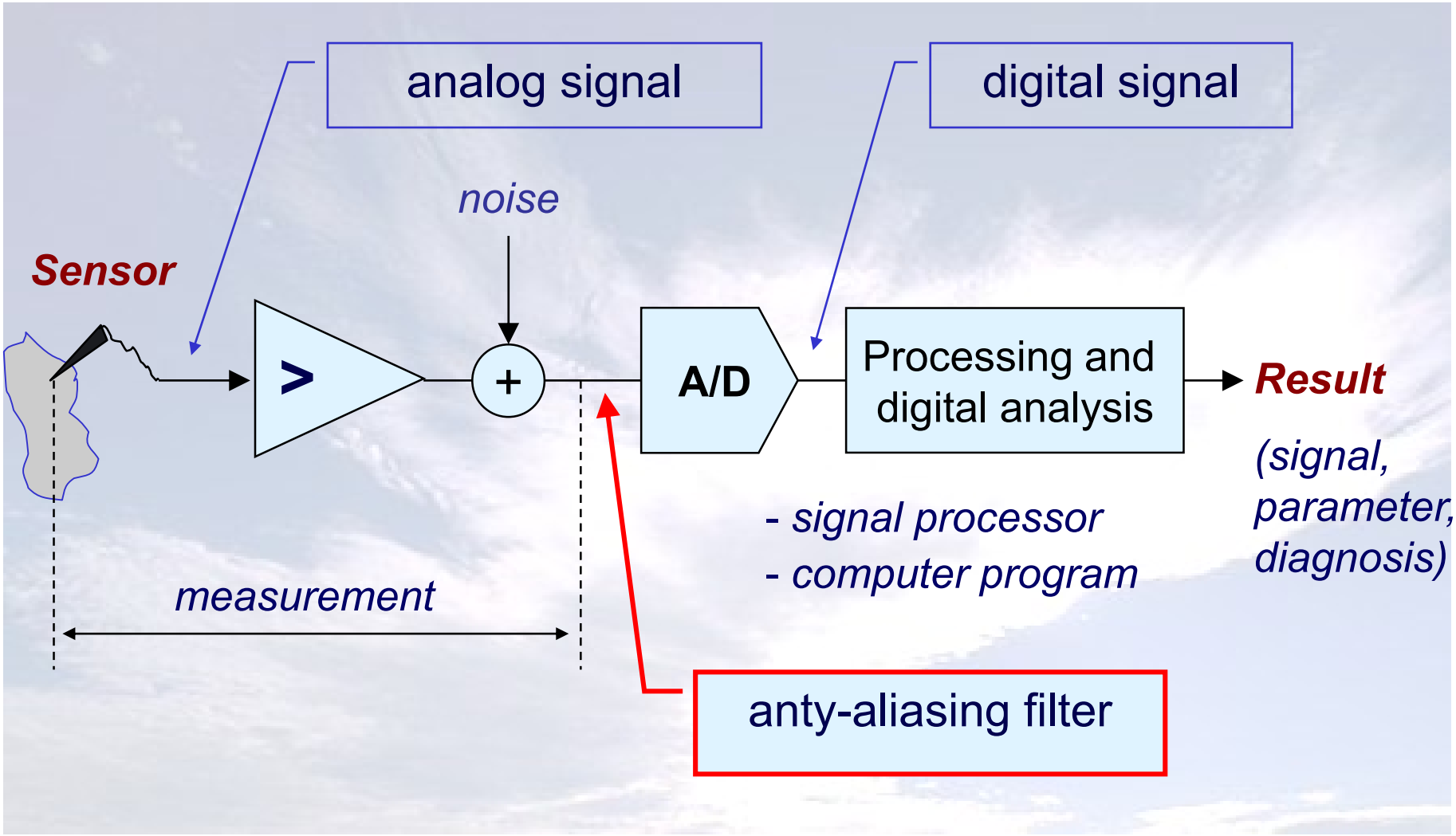


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Signal acquisition system

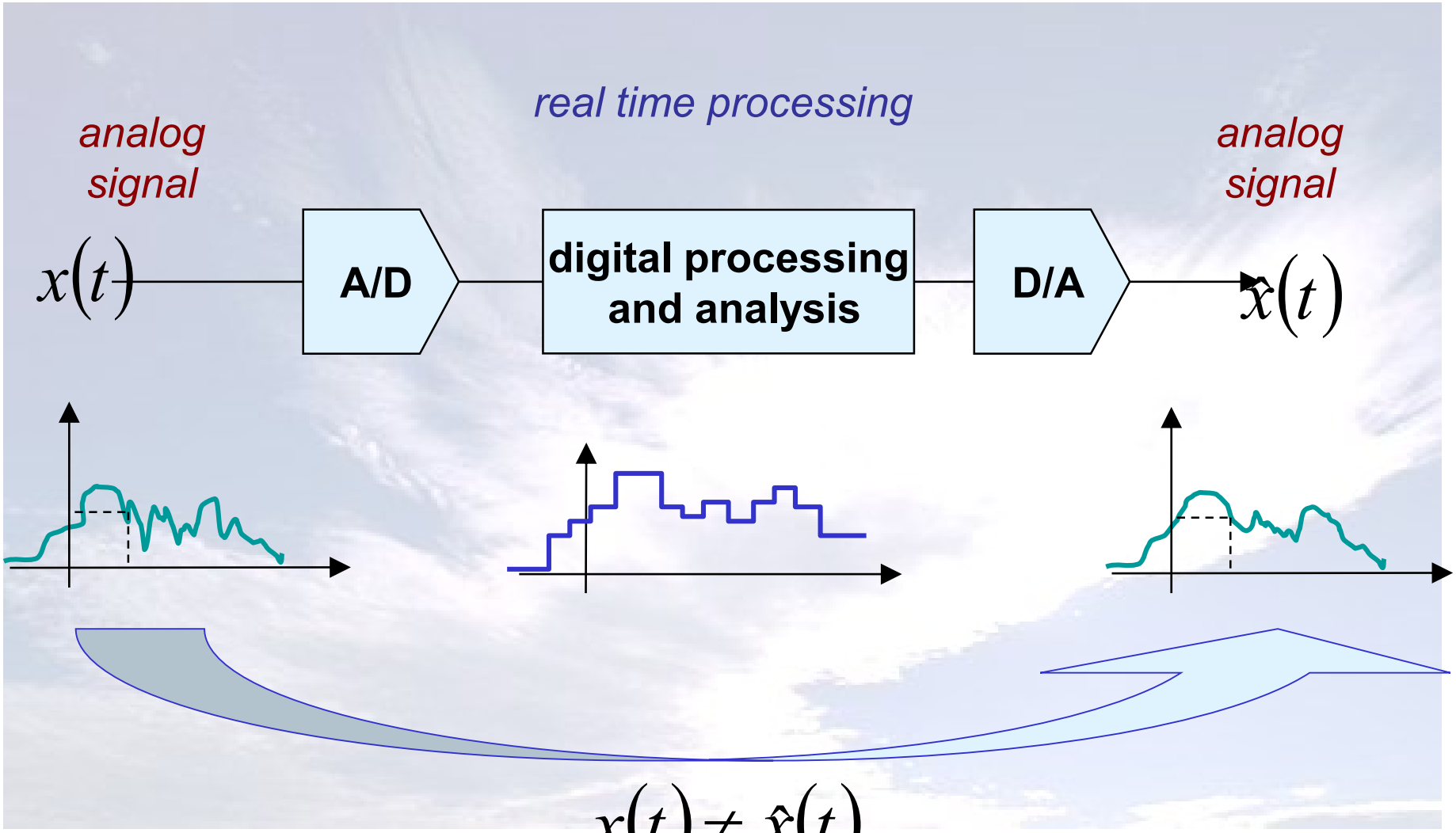


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Digital signal processing system

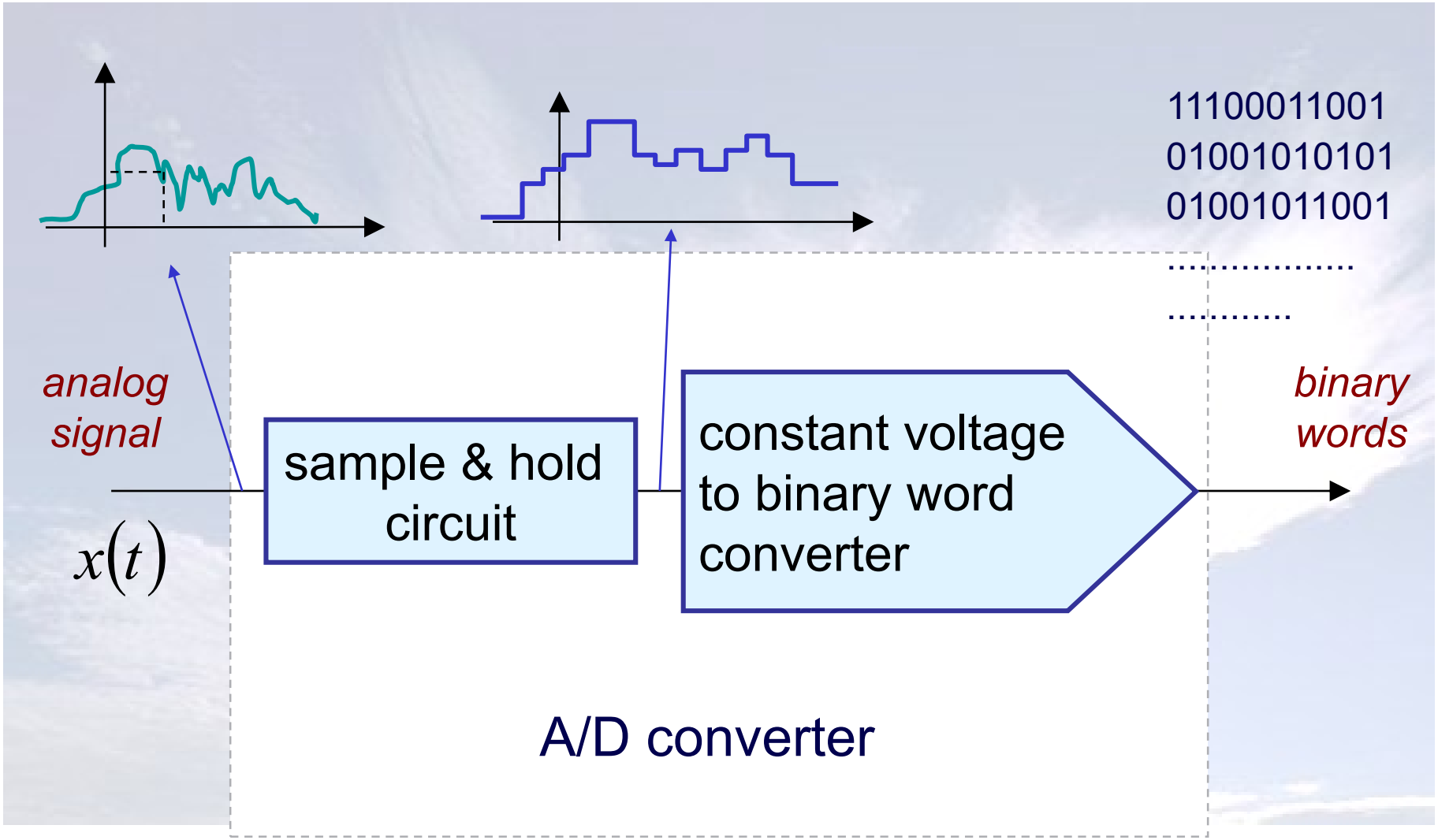


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

A/D converter

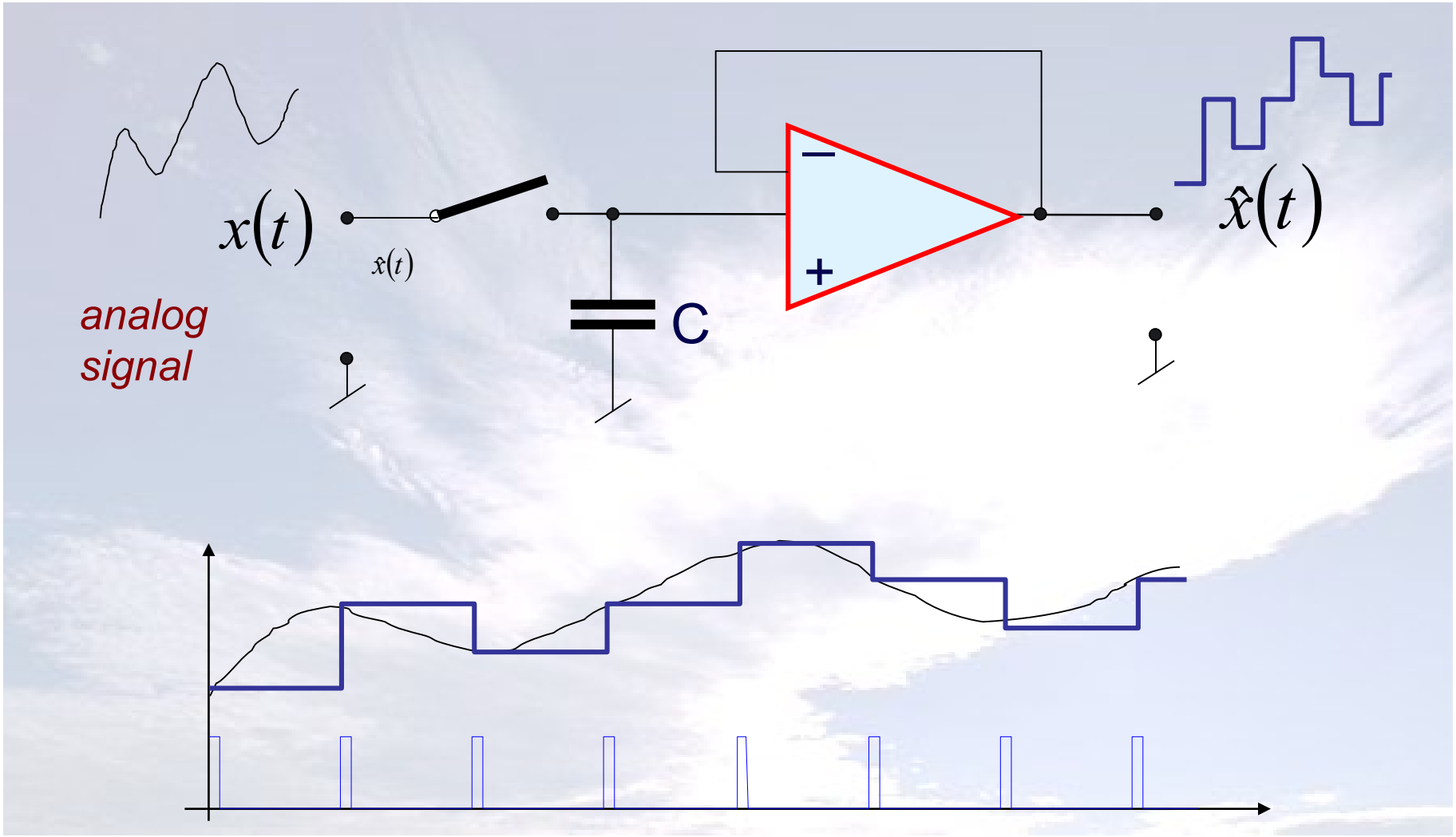


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Sample and hold circuit

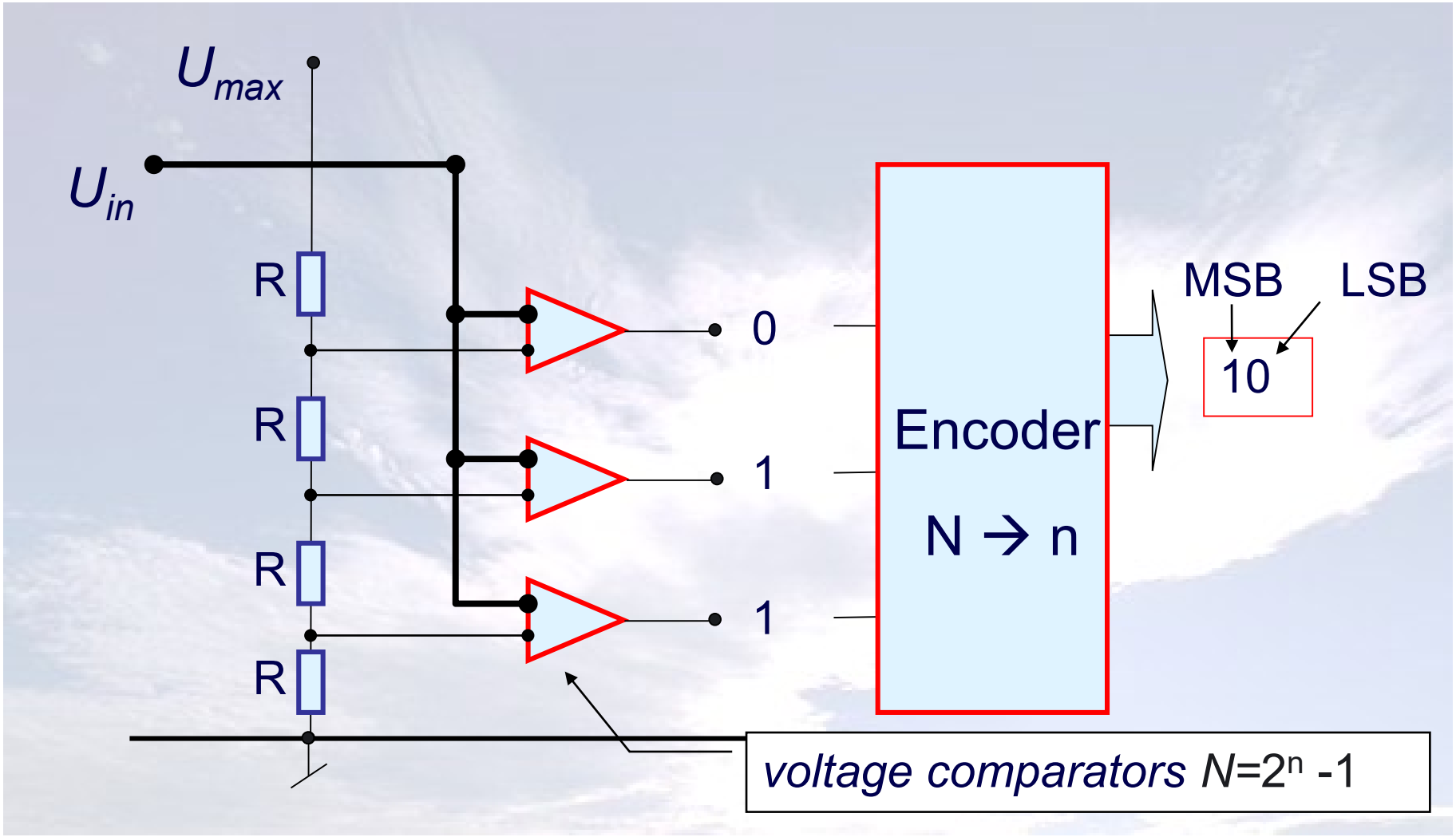


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

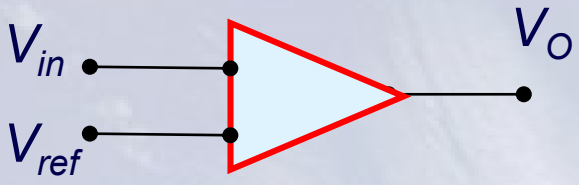
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

A/D flash converter

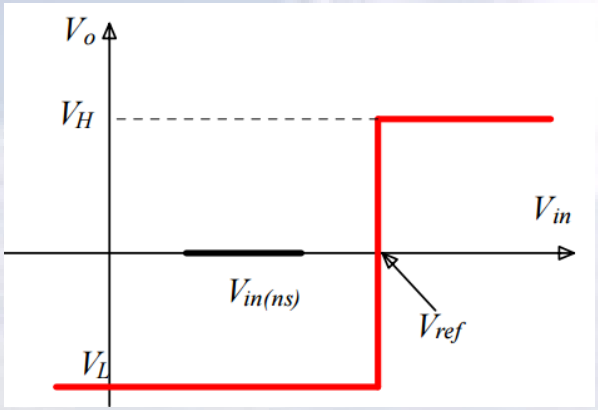


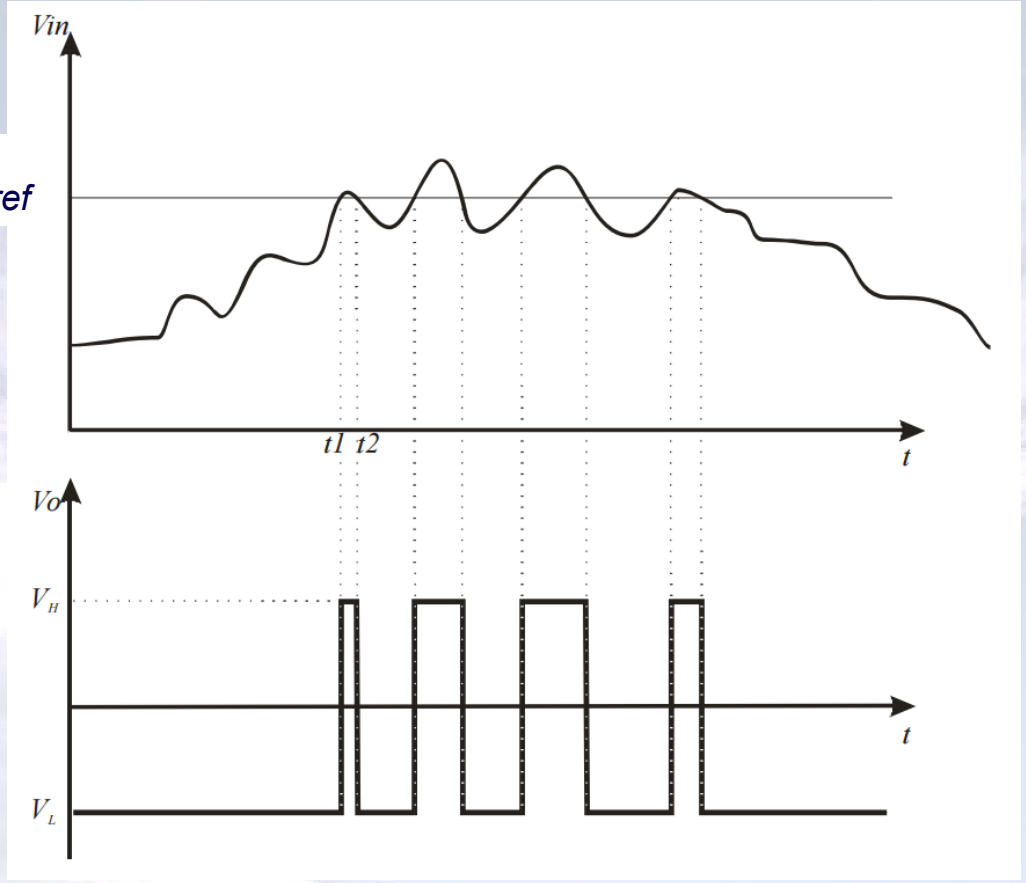
Comparator in action



$V_O=\{V_H,V_O\}$

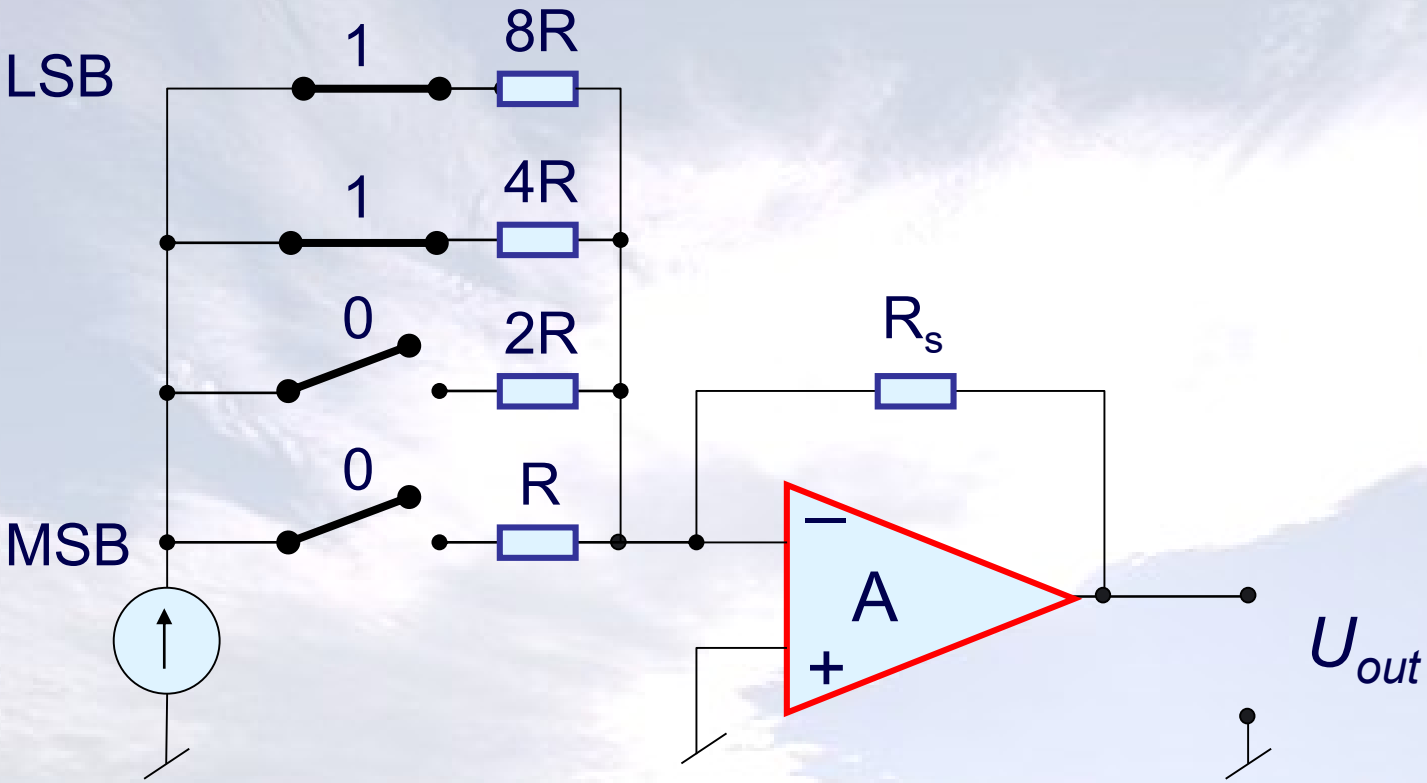
$V_O=\{0,1\}$





from: https://ocw.mit.edu

D/A converter



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

A/D and D/A converters

Currently A/D and D/A are available in form of integrated circuits (ia as elements of single-circuit processors).

Their basic parameters:

- Input/output voltage range
- Number of bits
- delay, eg. 20 us
- Nonlinearity error eg. ½ LSB

Analog Devices

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Analog-digital processing - summary

1. Analog vs digital processing
2. Quantization
3. SNR – quantization noise
4. AD/DA converters

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

„SIGNAL PROCESSING”

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego w projekcie pt.

„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń - zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej - zarządzanie Uczelnią, nowoczesna oferta edukacyjna i wzmacniania zdolności do zatrudniania osób niepełnosprawnych”