



# Systemy Czasu Rzeczywistego (SCR)

## Wykład 2: Historia, podstawowe pojęcia i definicje

WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI I AUTOMATYKI – KATEDRA INŻYNIERII SYSTEMÓW STEROWANIA

Kierunek: Automatyka i Robotyka

Studia stacjonarne I stopnia: rok II, semestr IV

dr inż. Tomasz Rutkowski

2017

## Rys historyczny

---

*Wszystko zaczęło się dawno, dawno temu ...*

### Lata 60 i 70 XX wieku:

- ▶ maszyny wolnostojące z dedykowanym oprogramowaniem (silna więź pomiędzy sprzętem a oprogramowaniem)
- ▶ wąski zakres zastosowań związany z:
  - ▶ sterowaniem lub nadzorowaniem niektórych procesów technologicznych (np. w przemyśle petrochemicznym)
  - ▶ systemy o charakterze militarnym (np. sterowanie raketami)

# Rys historyczny

---

## Lata 80 i 90 XX wieku:

- ▶ powstaje konsorcjum o nazwie PC/104, jego działania związane głównie z rozwojem aplikacji do zastosowań militarnych i medycznych, opracowanie standardu mikroprocesorowego (płytką mniejsza niż 1 dm<sup>2</sup>)
- ▶ burzliwy rozwój techniki mikroprocesorowej owocujący bujnością rozwiązań, między innymi w dziedzinie wykorzystania układów mikroprocesorowych w układach sterowania

# Rys historyczny

---

## Koniec XX i początek XXI wieku:

- ▶ radykalne obniżenie kosztów produkcji układów mikroprocesorowych spowodowało, że systemy czasu rzeczywistego można spotkać niemal wszędzie
- ▶ **ale gdzie dokładnie ?**

# Systemy Czasu Rzeczywistego w otaczającym nas świecie

---

## Sterowanie:

elektrowniami,  
fabrykami chemicznymi,  
liniami technologicznymi (np. przetwarzania żywności),  
system kontroli ruchu lotniczego,  
sterowanie transportem bagażu na lotnisku,  
sterowanie robotami autonomicznymi,  
sterowanie silnikami odrzutowymi,  
w samochodach sterowanie wtryskiem paliwa,  
poduszką powietrzną, ABS, ...

Urządzenia telekomunikacyjne i sieciowe:  
routery, telefony komórkowe ...

---

# Systemy Czasu Rzeczywistego w otaczającym nas świecie

---

Urządzenia osobiste: odtwarzacze MP3, palmtopy ...

Urządzenia biurowe: fax'y, kopiarki, ...

Peryferia komputerowe: drukarki, terminale, skanery,  
modemy ...

Militaria: systemy uzbrojenia (ofensywne i  
defensywne)...

Medycyna: aparaty USG, tomografy komputerowe ...

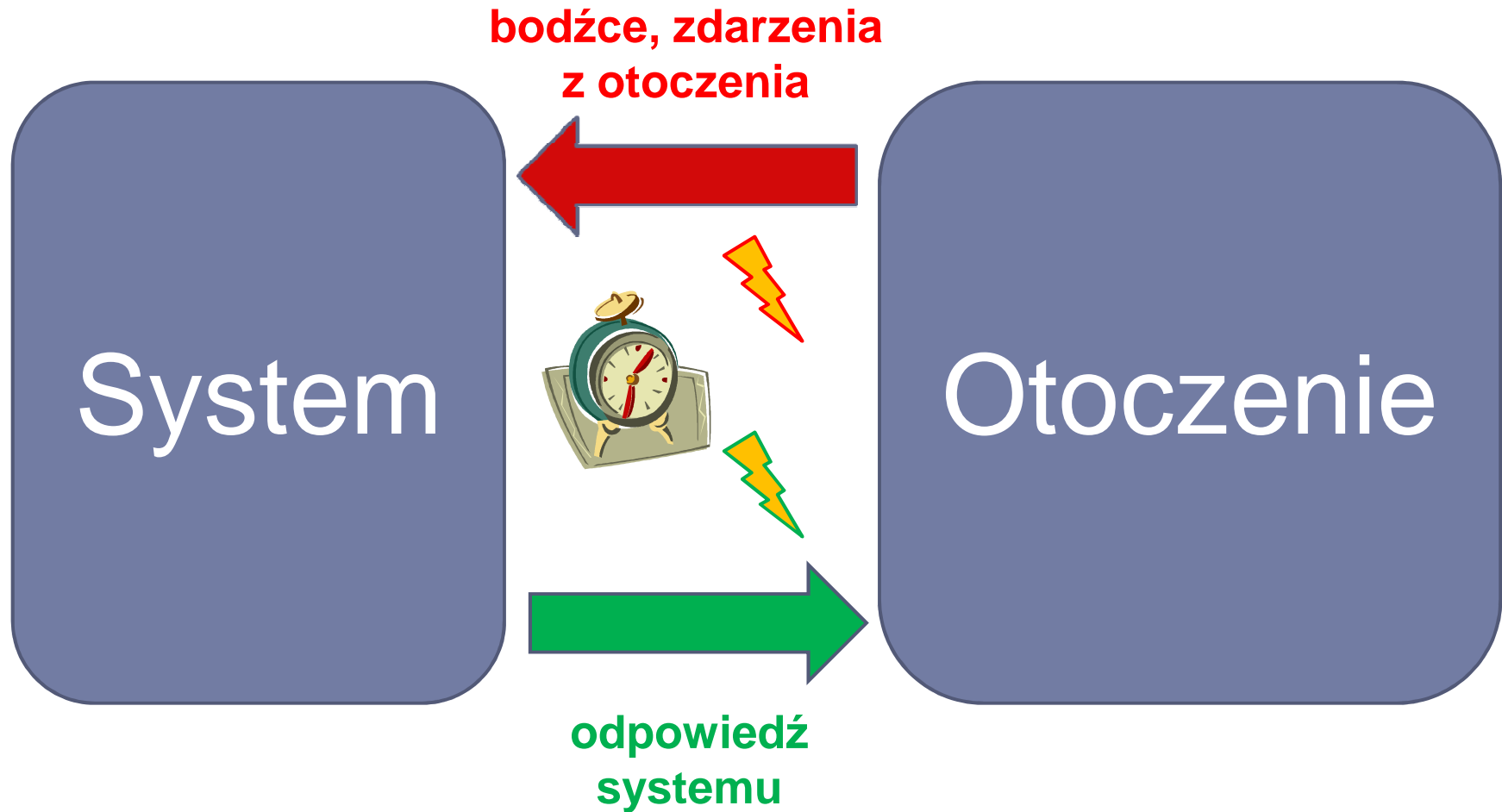
Sprzęt AGD: kuchenki mikrofalowe, zmywarki, pralki,  
odtwarzacze DVD, sterowanie ogrzewaniem,  
sterowanie klimatyzacją ...

---

---

# *System i jego otoczenie*

# System i jego otoczenie





# Czym jest System?

---

## Definicja:

System jest to zorganizowany zbiór obiektów (podsystemów), które są od siebie zależne (połączone między sobą) i stanowią pewną częściowo zamkniętą (względem relacji zależności) jednostkę

# Czym jest Otoczenie?

---

## Definicja:

... ? ...

Otoczeniem (środowiskiem) jest wszystko co nie należy do systemu

---

*Przykłady różnych definicji  
Systemu Czasu  
Rzeczywistego*

# System Czasu Rzeczywistego - różne definicje

---

## Definicja I :

Tryb przetwarzania w czasie rzeczywistym jest takim trybem, w którym programy przetwarzające dane napływające z zewnątrz są zawsze gotowe, a wynik ich działania jest dostępny nie później niż po zadanym czasie.

Moment nadejścia kolejnych danych może być losowy (asynchroniczny) lub ściśle określony (synchroniczny).

*K. Lal, T. Rak, K. Orkisz. „RTLinux – system czasu rzeczywistego”, HELION, 2003.*

# System Czasu Rzeczywistego - różne definicje

---

## Definicja II :

System czasu rzeczywistego jest systemem interaktywnym, który utrzymuje ciągły związek z asynchronicznym środowiskiem, np. środowiskiem, które zmienia się bez względu na system, w sposób niezależny.

*K. Lal, T. Rak, K. Orkisz. „RTLinux – system czasu rzeczywistego”, HELION, 2003.*

# System Czasu Rzeczywistego - różne definicje

---

## Definicja III :

Oprogramowanie czasu rzeczywistego odnosi się do systemu lub trybu działania, w którym przetwarzanie jest przeprowadzane na bieżąco, w czasie wystąpienia zewnętrznego zdarzenia, w celu użycia rezultatów przetwarzania do kontrolowania lub monitorowania zewnętrznego procesu.

*K. Lal, T. Rak, K. Orkisz. „RTLinux – system czasu rzeczywistego”, HELION, 2003.*

# System Czasu Rzeczywistego - różne definicje

---

## Definicja IV :

System mikrokomputerowy działa w czasie rzeczywistym, jeżeli wypracowane przez ten system decyzje są realizowane w tempie obsługiwanego procesu.

Inaczej mówiąc, system działa w czasie rzeczywistym, jeżeli czas reakcji systemu jest niezauważalny przez proces (decyzja jest wypracowana we właściwym czasie).

*R.A. Plaza, E.J. Wróbel. „Systemy czasu rzeczywistego”,  
Wydawnictwo Naukowo Techniczne, 1988.*

# System Czasu Rzeczywistego - różne definicje

---

## Definicja VI :

**System czasu rzeczywistego odpowiada w sposób przewidywalny (w określonym czasie) na bodźce zewnętrzne napływające w sposób nieprzewidywalny.**

*K. Lal, T. Rak, K. Orkisz. „RTLinux – system czasu rzeczywistego”, HELION, 2003.*



# System Czasu Rzeczywistego - definicja za TCRTS IEEE

---

## *Definicja za TCRTS IEEE:*

System czasu rzeczywistego to taki, w którym wynik przetwarzania nie zależy tylko i wyłącznie od jego logicznej poprawności, ale również od czasu, w jakim został osiągnięty.

*Jeśli nie są spełnione ograniczenia czasowe, mówi się, że nastąpił błąd systemu.*

*TCRTS - Technical Committee on Real-Time Systems of the IEEE  
Computer Society*

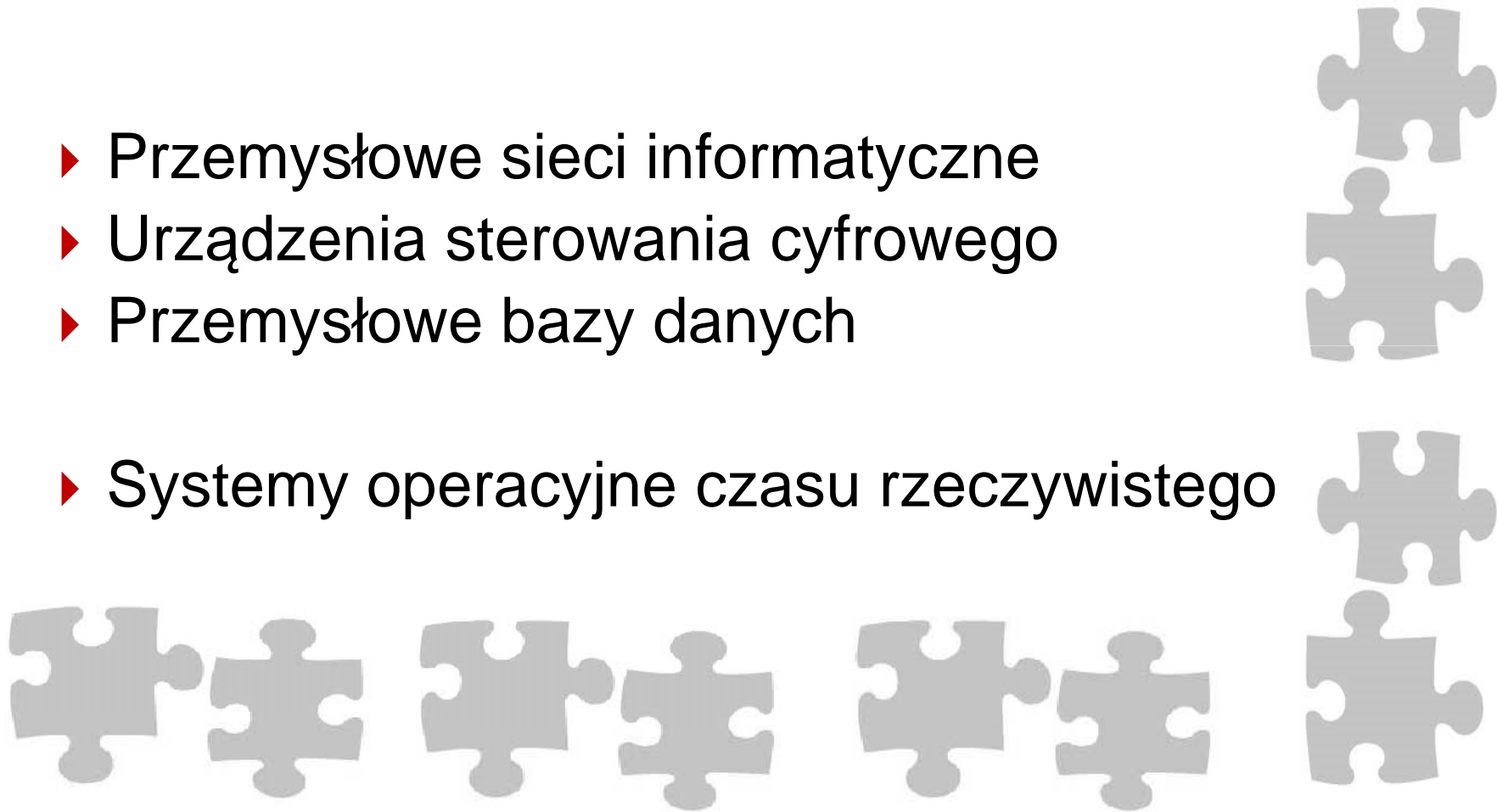
System Czasu Rzeczywistego  
- definicja za standardem ISO/IEC/IEEE

*Definicja za ISO/IEC/IEEE 24765:2010:*

System czasu rzeczywistego jest to **system komputerowy**, w którym obliczenia są wykonywane współbieżnie z procesem zewnętrznym (otoczenie) w celu **sterowania, nadzorowania lub terminowego reagowania** na zdarzenia występujące w tym procesie (otoczeniu).

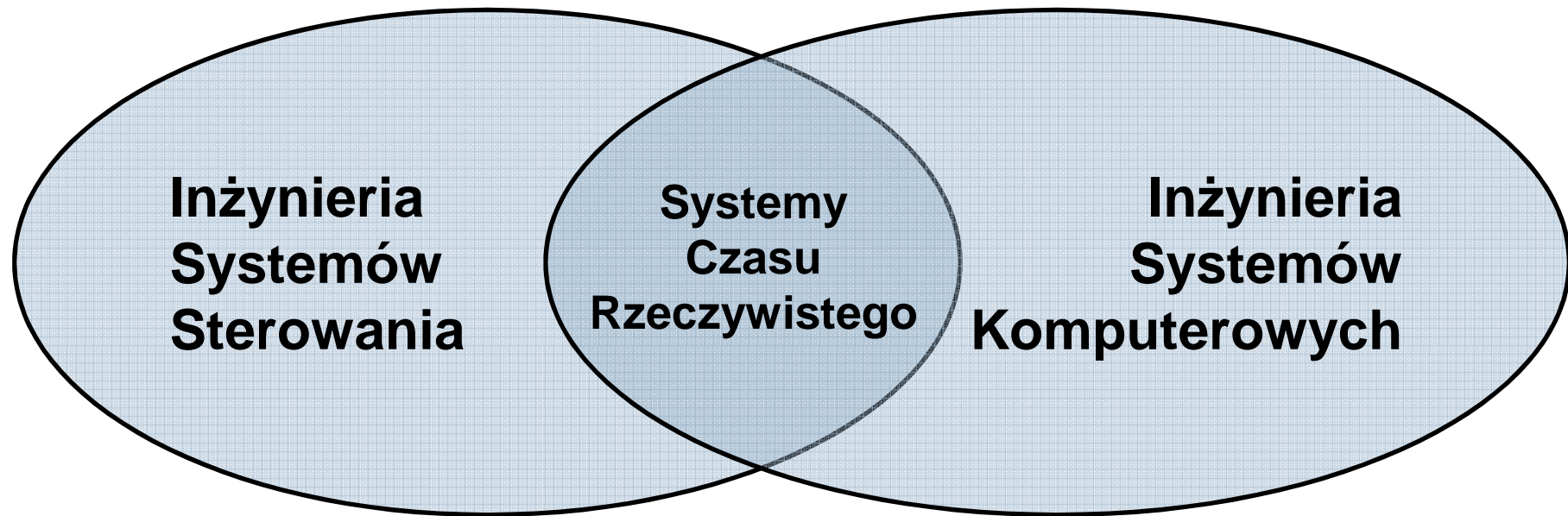
# Systemy Czasu Rzeczywistego w komputerowych systemach sterowania

- ▶ Przemysłowe sieci informatyczne
- ▶ Urządzenia sterowania cyfrowego
- ▶ Przemysłowe bazy danych
  
- ▶ Systemy operacyjne czasu rzeczywistego



# System Czasu Rzeczywistego i Sterowanie

---



- Wszystkie systemy sterowania są systemami czasu rzeczywistego
- Wiele systemów czasu rzeczywistego jest systemami czasu rzeczywistego opracowanymi dla potrzeb systemów sterowania

---

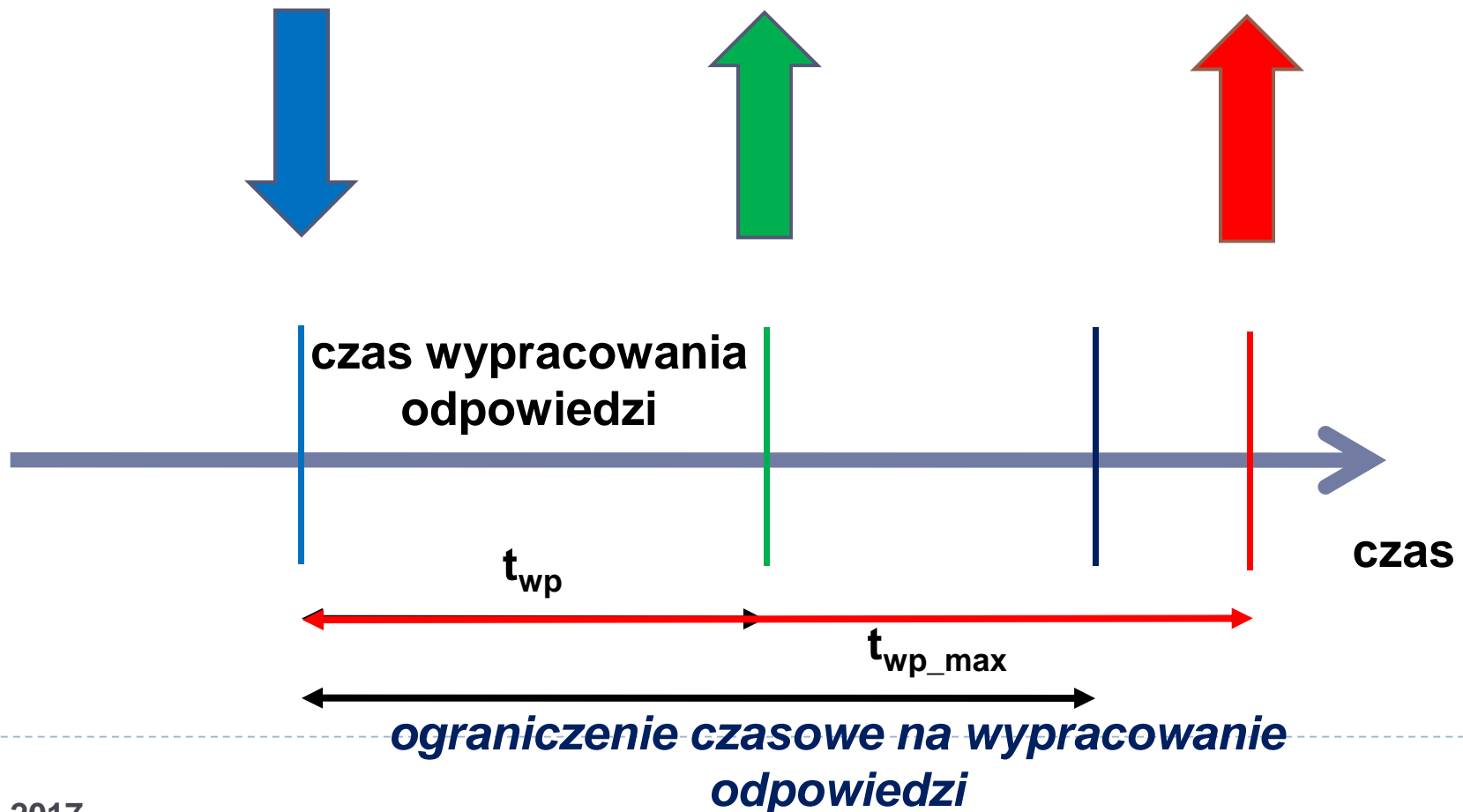
*Klasyfikacja  
Systemów Czasu  
Rzeczywistego  
w zależności od typu ograniczeń  
czasowych*

# System i jego otoczenie

*bodziec, zdarzenie  
z otoczenia (procesu)*

*odpowiedź systemu  
„przydatna”*

*odpowiedź systemu  
„nieprzydatna”*



# Klasyfikacja Systemów Czasu Rzeczywistego - ze względu na wymagania czasu reakcji systemu

---

- 1) **Hard RTS** (*ang. Hard Real-Time Systems*)  
Systemy czasu rzeczywistego o twardych  
(ostrych) wymaganiach czasowych
  
- 2) **Soft RTS** (*ang. Soft Real-Time Systems*)  
Systemy czasu rzeczywistego o miękkich  
(łagodnych) wymaganiach czasowych
  
- 3) **Firm RTS** (*ang. Firm Real-Time Systems*)  
Systemy czasu rzeczywistego o solidnych  
wymaganiach czasowych (kombinacja twardych  
oraz miękkich wymagań czasowych)

# Klasyfikacja Systemów Czasu Rzeczywistego - ze względu na wymagania czasu reakcji systemu

---

## **1) Systemy o twardych wymaganiach czasowych**

Wymagania czasowe muszą być dokładnie spełnione, przy czym warunek ich spełnienia może być wyrażony jako:

- ▶ wypracowanie odpowiedzi przed upływem określonego czasu (czas reakcji)
- ▶ lub w postaci bardziej rygorystycznej, odpowiedź powinna być przesłana do otoczenia dokładnie w danym momencie czasowym (koniczna jest synchroniczna współpraca systemu z otoczeniem)

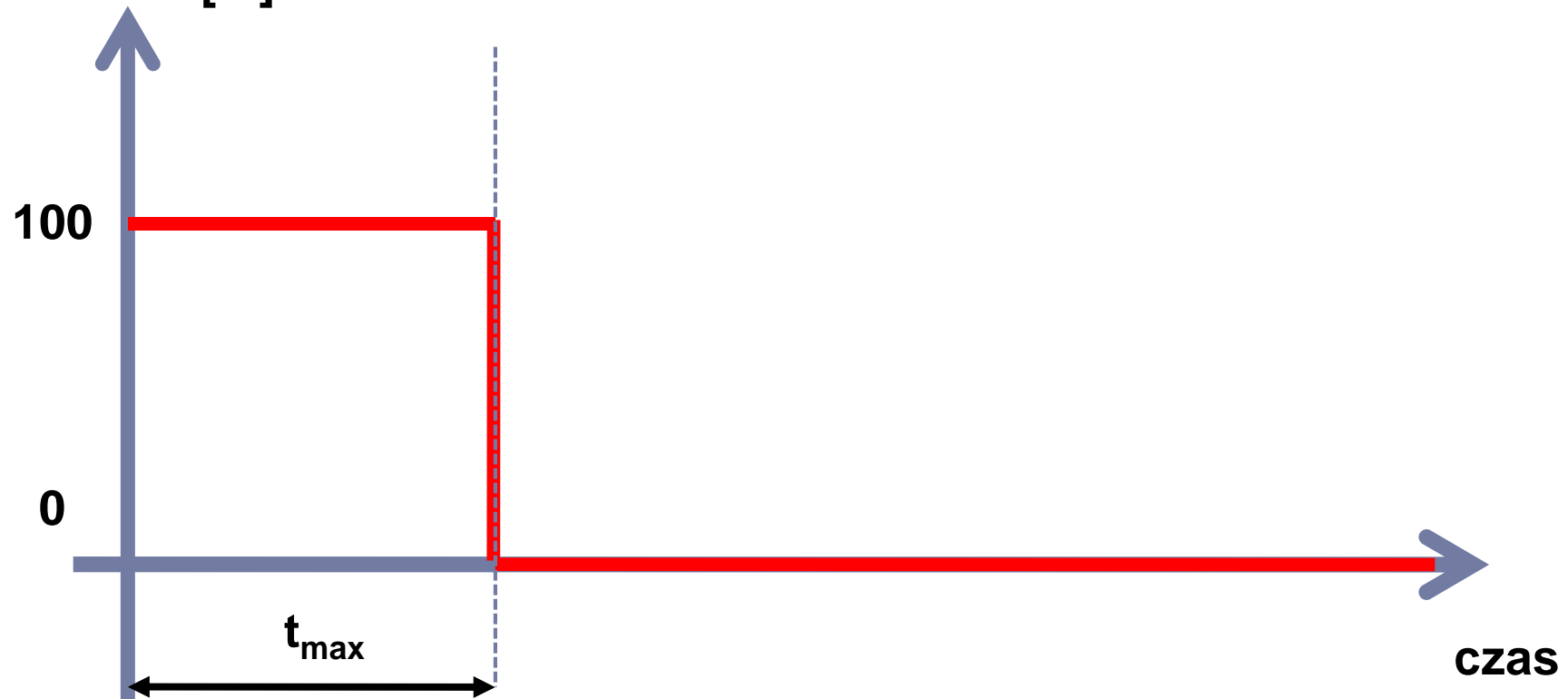
Zadania **muszą** zakończyć się **prawidłowo** i w **określonym czasie**

Przekroczenie czasu wykonania zadania **powoduje poważne, a nawet katastrofalne skutki**, jak np. zagrożenie życia lub zdrowia ludzi, uszkodzenie lub zniszczenie urządzeń, przy czym nie jest istotna wielkość przekroczenia terminu a jedynie sam fakt jego przekroczenia



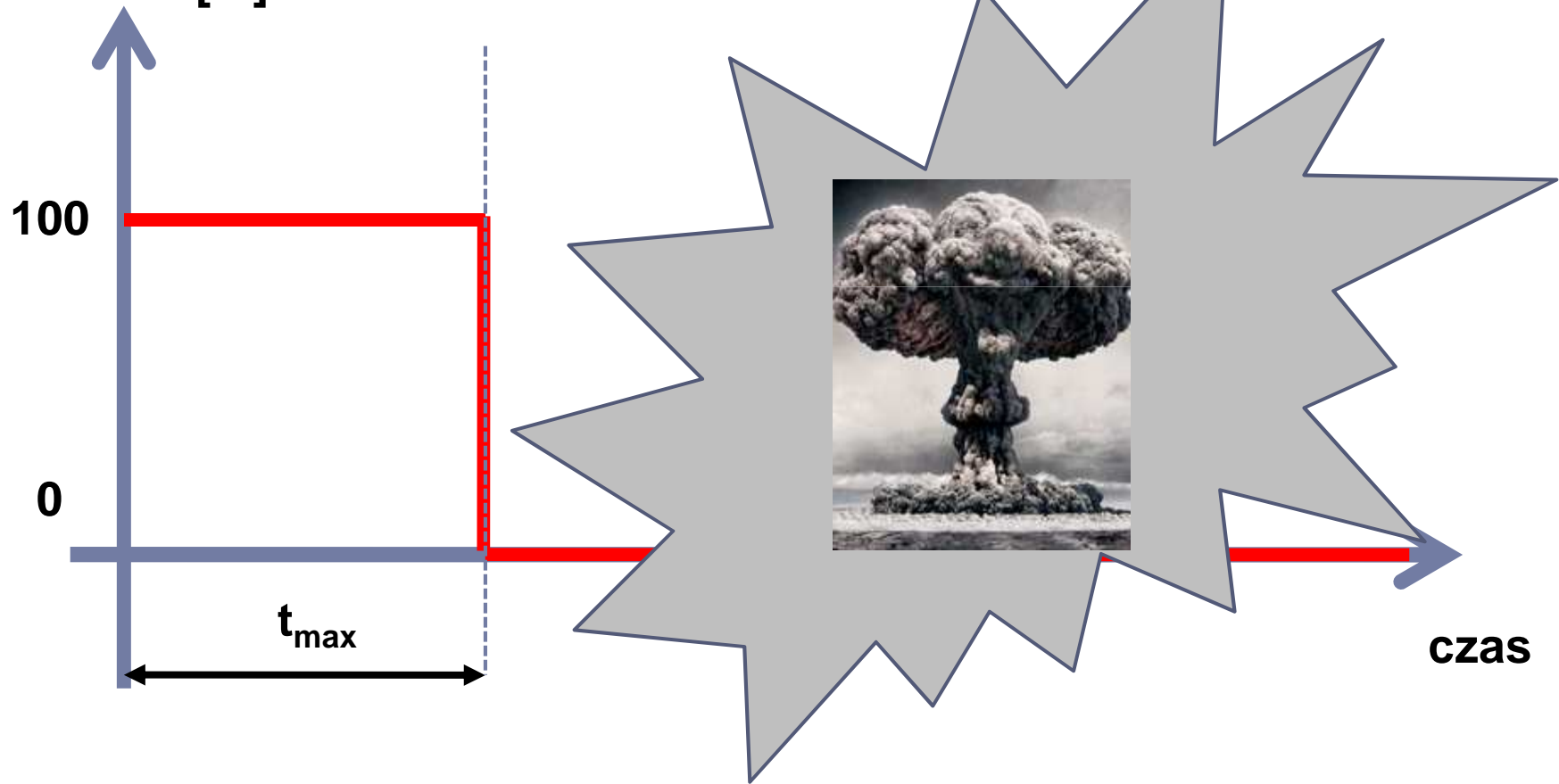
# Użyteczność odpowiedzi

Użyteczność odpowiedzi  
[%]



# Użyteczność odpowiedzi

Użyteczność odpowiedzi  
[%]



# Klasyfikacja Systemów Czasu Rzeczywistego - ze względu na wymagania czasu reakcji systemu

---

## **2) Systemy o miękkich wymaganiach czasowych**

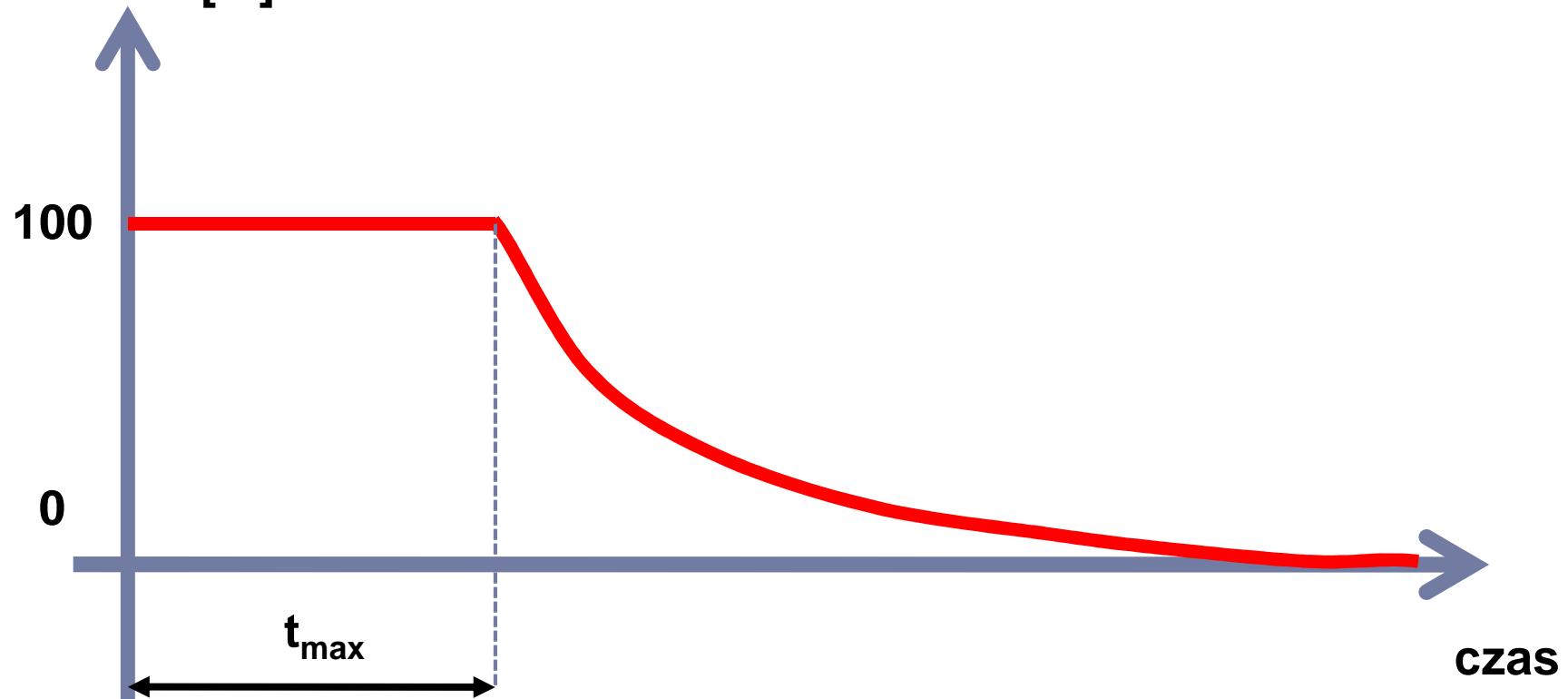
Wymagania czasowe muszą być spełnione w sensie spełnienia średniego czasu odpowiedzi

Zadania wykonywane są **tak szybko jak to możliwe** ale **nie muszą** zakończyć się w określonym czasie

Przekroczenie pewnego czasu **powoduje negatywne skutki**  
**tym poważniejsze, im bardziej ten czas został**  
**przekroczony**

# Użyteczność odpowiedzi

Użyteczność odpowiedzi  
[%]



# Klasyfikacja Systemów Czasu Rzeczywistego - ze względu na wymagania czasu reakcji systemu

---

## **3) Systemy o solidnych wymaganiach czasowych**

Systemy sprzętowo-programowe o solidnych wymaganiach czasowych, będących **kombinacją twardych i miękkich wymagań czasowych**

W praktyce definiuje się pewien krótki czas reakcji systemu, który powinien być spełniany „miętko” oraz dłuższy czas reakcji systemu, który powinien być spełniony „twardo”

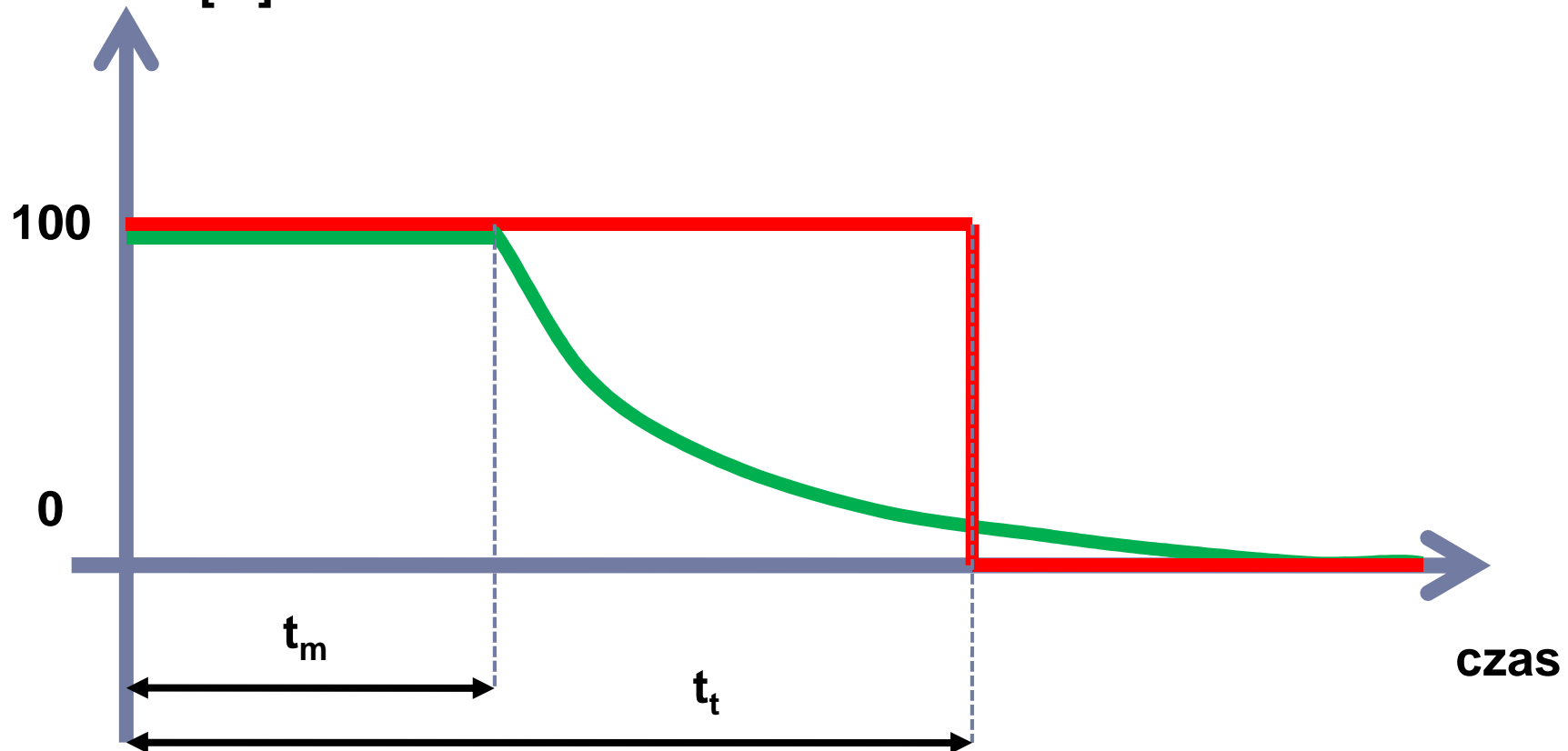
Fakt przekroczenia terminu „realizacji zadania” powoduje całkowitą nieprzydatność wypracowanego przez system wyniku

(**nie ma żadnej korzyści**), jednakże nie oznacza to zagrożenia dla ludzi lub sprzętu (**nie ma żadnej groźby**)

---

# Użyteczność odpowiedzi

Użyteczność odpowiedzi  
[%]



# Systemy Czasu Rzeczywistego - pożądane cechy systemu

---

Do pożądanych cech systemów czasu rzeczywistego, zalicza się również:

- ▶ ciągłość działania
- ▶ zależność od otoczenia
- ▶ współbieżność
- ▶ przewidywalność
- ▶ punktualność

# Systemy Czasu Rzeczywistego - pożądane cechy systemu

---

▶ ciągłość działania

*system działa bez przerwy, oczekuje na bodźce zewnętrzne z otoczenia*

▶ zależność od otoczenia

*system musi być rozpatrywany w kontekście otoczenia, jego działanie jest uzależnione od bodźców zewnętrznych napływających z otoczenia*

▶ współbieżność

*otoczenie systemu składa się z wielu podsystemów, które działają współbieżnie, generując bodźce wymagające obsługi przez system – wymagana jest ich równoczesna obsługa stąd narzuca się również współbieżna struktura systemu*

---



# Systemy Czasu Rzeczywistego - pożądane cechy systemu

---

## ▶ przewidywalność

*bodźce z otoczenia pojawiają się zazwyczaj w momentach przypadkowych, a współbieżne wystąpienie bodźców wymaga ich jednoczesnej obsługi;*

*mimo współbieżnej struktury wewnętrznej systemu, na zewnątrz system musi zachowywać się deterministycznie (reagować na zdarzenia według założonych wymagań)*

## ▶ punktualność

*odpowiedzi systemu (reakcje na bodźce zewnętrzne z otoczenia) powinny być obliczane zgodnie z zaprojektowanymi algorytmami i dostarczane do otoczenia w odpowiednich momentach czasowych*

---

# *Małe studium przypadku*

# Przykładowe Systemy Czasu Rzeczywistego - krótka analiza

---

W kontekście kilku poprzednich slajdów rozważmy dwa przykładowe systemy czasu rzeczywistego:

- 1) **system sterowania odtwarzaczem DVD**
  - *jakie zadania?*
  - *jakie reakcje z otoczeniem?*
  - *jakie ograniczenia czasowe?*
  
- 2) **system sterowania rakieta przeciwlotniczą**
  - *jakie zadania?*
  - *jakie reakcje z otoczeniem?*
  - *jakie ograniczenia czasowe?*

# Przykładowe Systemy Czasu Rzeczywistego - krótka analiza

---

Zależnie od roli i przeznaczenia danej grupy aplikacji czasu rzeczywistego:

- ▶ ograniczenia czasowe są koniecznością, której niespełnienie prowadzi w najgorszym przypadku do nieodwracalnych i tragicznych skutków  
*(np.: system sterowania rakieta przeciwlotniczą)*
- ▶ w innych przypadkach czas wykonania nie jest tak krytyczny i dopuszcza się pewne odstępstwa  
*(np.: system sterowania odtwarzaczem DVD)*

---

*Przykłady innych  
terminów  
z dziedziny*

## Terminologia z dziedziny

### *System wbudowany (ang. Embedded System):*

- ▶ Jest to system komputerowy (sprzęt i oprogramowanie), który jest umieszczony w innym systemie i stanowi jego integralną część
- ▶ Realizują zazwyczaj „proste” funkcje (np.: sterownik pralki czy komputer pokładowy w samochodzie)
- ▶ Są zazwyczaj rozwiązaniami powszechnymi
- ▶ Funkcjonują głównie bez interwencji ze strony człowieka

## Terminologia z dziedziny

---

### *System dedykowany (ang. Dedicated System):*

- ▶ Jest to system komputerowy (sprzęt i oprogramowanie) o jednostkowej funkcjonalności, zaprojektowany z myślą o ściśle określonym specjalizowanym zastosowaniu

## Terminologia z dziedziny - „real-time system” a „system in real time”

---

Pojęcia „real-time system” i „system in real time”  
nie są równoważne.

„real-time system”

*oznacza gwarancje czasu reakcji systemu,  
natomiast niekoniecznie szybkie reakcje systemu*

„system in real time”

*oznacza m.in. wrażenie realności - szybkość  
reakcji na bodźce z otoczenia (np. symulator lotu)*



## Terminologia z dziedziny - „real-time system” a „embedded system”

---

Pojęcia „real-time system” i „embedded system”  
**nie zawsze są równoważne.**

„real-time system”

*systemy czasu rzeczywistego mogą ale nie  
zawsze mają charakter systemu wbudowanego*

„embedded system”

systemy wbudowane często ale nie zawsze  
zapewniają reakcje w „gwarantowanym” czasie

# Bibliografia

---

ISO/IEC/IEEE 24765:2010 Systems and software engineering –  
Vocabulary

<http://www.iso.org>

Technical Committee on Real-Time Systems (TCRTS) of the IEEE  
Computer Society

<http://tcrts.org/>

R.A. Plaza, E.J. Wróbel. „Systemy czasu rzeczywistego”, Wydawnictwo  
Naukowo Techniczne, 1988.

K. Lal, T. Rak, K. Orkisz. „RTLinux – system czasu rzeczywistego”,  
HELION, 2003.

---

*Dziękuję za uwagę !!!*