

# Fizyka i przetwarzanie danych w systemach wbudowanych

Dr Michał Tanaś (<http://mtanas.home.amu.edu.pl/>)

# Zakres tematyczny

1. Wstęp - co to są systemy wbudowane?
2. Sterowniki PLC (Programmable Logic Controller)
  - a) Wstęp - co to są sterowniki PLC i jak się je programuje?
  - b) Norma IEC 61131-3
  - c) Środowisko CoDeSys
  - d) Języki programowania PLC
    - i. LD (Ladder Diagram)
    - ii. IL (Instruction List)
    - iii. ST (Structured Text)
    - iv. FBD (Function Block Diagram)
    - v. SFC (Sequential Function Chart)

# Zakres tematyczny

## 3. Assembler

- a) Assembler 8051 (powtórzenie)
- b) Assembler x86
  - i. Tryb 16-bitowy (8086)
  - ii. Tryb 32-bitowy (i386)
  - iii. Tryb 64-bitowy (amd64)
  - iv. FPU (8087)
  - v. Dodatkowe pakiety rozkazów (MMX, SIMD, AVX)

# Co to jest system wbudowany?

- System wbudowany („embedded system”) jest to
  - System komputerowy przeznaczony do wykonywania z góry określonego zestawu funkcji
  - ... w odróżnieniu od systemów uniwersalnych
  - Może (ale nie musi) być programowalny
  - Może działać samodzielnie lub stanowić wyspecjalizowany podsystem większego systemu

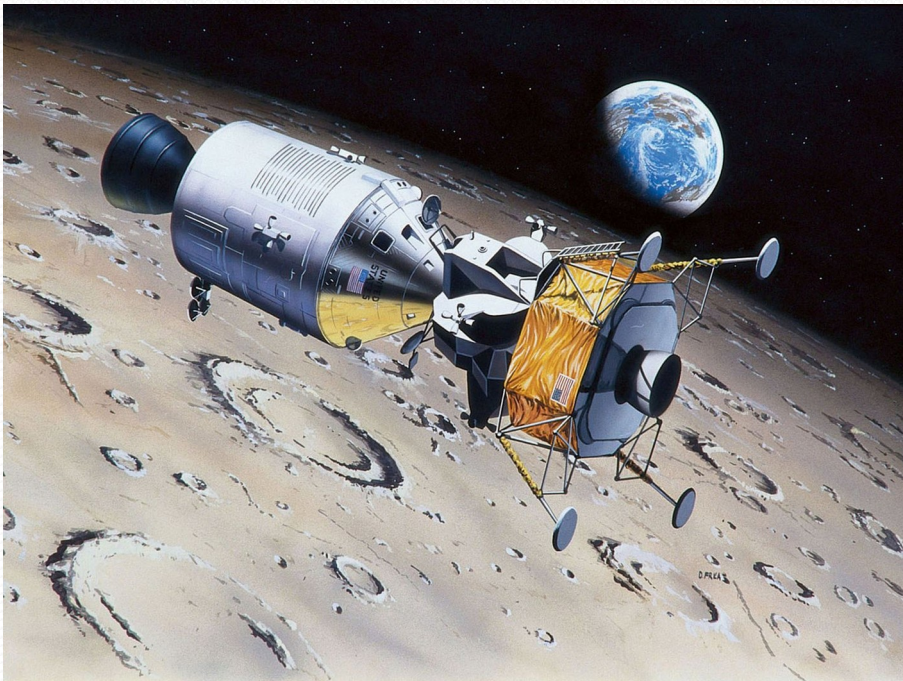
# Co to jest system wbudowany?

- Przykłady systemów wbudowanych:
  - Sterownik silnika bramy garażowej
  - Czujnik przeciwpożarowy
  - Access point
  - Drukarka laserowa
  - Układ sterowania samochodu autonomicznego

# Historia systemów wbudowanych

**1960**

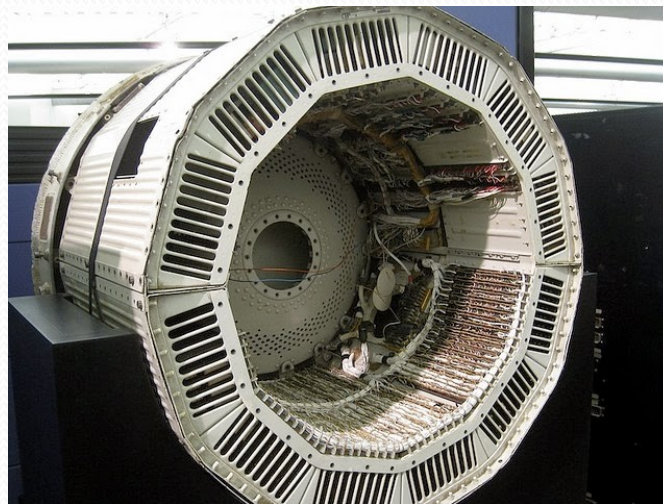
Pierwszy system wbudowany – komputer sterujący statku kosmicznego Apollo (AGS – Apollo Guidance System)



# Historia systemów wbudowanych

**1965**

Pierwszy system wbudowany produkowany seryjnie – komputer sterujący pocisku międzykontynentalnego Minuteman I



# Historia systemów wbudowanych

**1968**

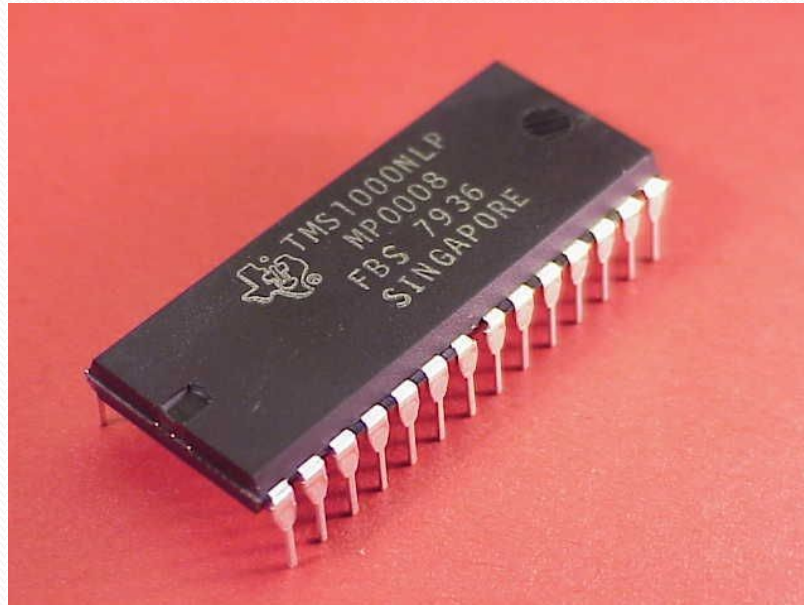
Pierwszy system wbudowany w produkcie powszechnego użytku (mikrokontroler sterujący wtryskiem paliwa – Volkswagen 1600 LE)



# Historia systemów wbudowanych

**1971**

Pierwszy system wbudowany SoC (mikrokontroler zapewniający funkcjonalność 4-działaniowego kalkulatora – Texas Instruments TMS1000). Dostępny na rynku od 1974



# Historia systemów wbudowanych

**1987**

Pierwszy system operacyjny dla systemów wbudowanych  
(VxWorks)

**1995-2000**

Powstają wersje uniwersalnych systemów operacyjnych  
(Windows, Linux) przeznaczone dla systemów wbudowanych

# Cechy systemów wbudowanych

- Systemy real time
  - Mają z góry zdefiniowane maksymalne czasy odpowiedzi
    - Soft real time (duedates) – przekroczenie powoduje straty
    - Hard real time (deadlines) – przekroczenie powoduje katastrofę
  - Uwaga! System „real time” nie oznacza systemu „działającego natychmiastowo”!

# Cechy systemów wbudowanych

- Wysoka niezawodność
  - Utrudniony serwis (wbudowane w większe urządzenia)
  - Klienci oczekują niezawodności (w przeciwieństwie do komputerów uniwersalnych)
  - Dostawca całkowicie odpowiedzialny za działanie (w przeciwieństwie do komputerów uniwersalnych)

# Cechy systemów wbudowanych

- Dopasowanie parametrów do funkcji
  - System wbudowany ma zazwyczaj minimalne parametry sprzętowe niezbędne do osiągnięcia wymaganych czasów odpowiedzi
  - Nadmiarowe parametry są stosowane jeżeli:
    - Planowane jest rozszerzenie funkcjonalności (np. poprzez upgrade firmware)
    - System zawiera funkcjonalności „na życzenie”
    - Słabszy hardware nie jest dostępny na rynku

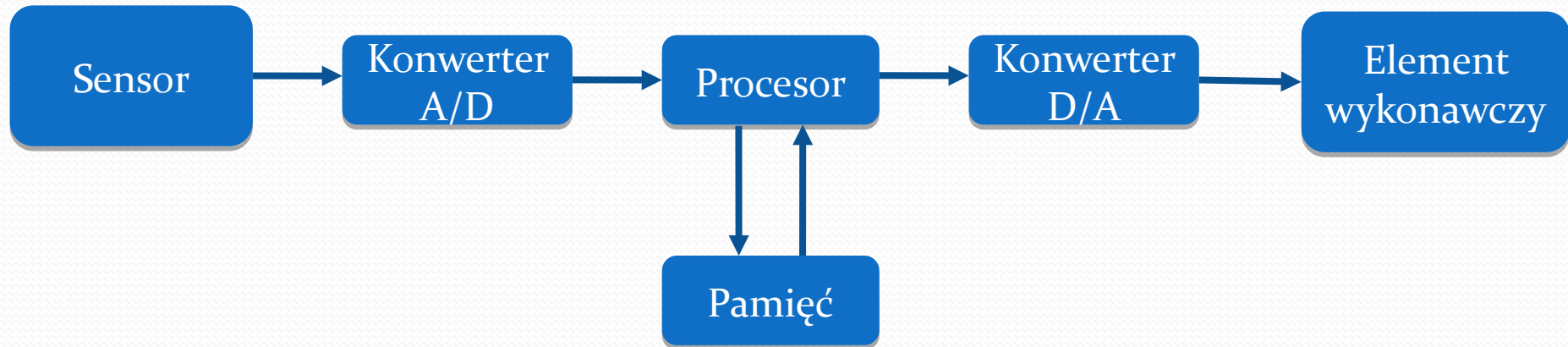
# Cechy systemów wbudowanych

- Stabilność i przewidywalność ważniejsza niż wydajność
  - System wbudowany jest zazwyczaj częścią większego układu
  - Inne komponenty oczekują reakcji w określonym czasie
  - Zbyt szybka odpowiedź nie wnosi żadnej wartości, a może wręcz zakłócić działanie innych komponentów

# Cechy systemów wbudowanych

- Minimalny UI
  - System wbudowany jest zazwyczaj częścią większego układu
  - ... i użytkownik nie ma z nim bezpośredniej interakcji
  - Z UI systemu wbudowanego korzystają zazwyczaj jedynie serwisanci
  - ... dlatego UI systemów wbudowanych jest minimalistyczne (jak najmniejsze wymagania sprzętowe i koszty developmentu)

# Architektura systemów wbudowanych



# Klasyfikacja systemów wbudowanych

- Małe
  - Pojedynczy mikrokontroler, zazwyczaj 8 lub 16 bitowy
  - Programowanie: assembler
  - Przykład:
    - sterowniki urządzeń AGD

# Klasyfikacja systemów wbudowanych

- Średnie
  - Jeden lub kilka mikrokontrolerów, zazwyczaj 16 lub 32 bitowych
  - Programowanie: C, C++, Java
  - Przykład:
    - Router DSL

# Klasyfikacja systemów wbudowanych

- Wielkoskalowe
  - Kilkadziesiąt mikrokontrolerów, zazwyczaj 32 lub 64 bitowych
  - Programowanie: C, C++, Java
  - Przykład:
    - Samochód autonomiczny

# Sterowanie systemem wbudowanym

- Pętla kontrolna (control loop)
  - Układ powtarza „w kółko” z góry zadaną i stałą sekwencję poleceń (program)
  - Używana w układach, gdzie nie występują żadne nieprzewidziane wydarzenia
  - Przykład:
    - Czujnik zmierzchu automatycznie włączający światła

# Sterowanie systemem wbudowanym

- Pętla kontrolna z przerwaniami (interrupt controlled system)
  - Układ powtarza „w kółko” z góry zadaną i stałą sekwencję poleceń (program)
  - W przypadku zajścia określonych okoliczności następuje przerwanie wykonania pętli i wykonanie tzw. procedury obsługi przerwania
  - Przykład:
    - Aktywny tempomat (ACC – adaptive cruise control)
  - Ciekawostka – w taki sposób działał popularny w latach 80/90-ątych XX w. system operacyjny MS-DOS

# Sterowanie systemem wbudowanym

- System wielozadaniowy z wywłaszczeniem (preemptive multitasking)
  - Układ wykonuje „równocześnie” wiele niezależnych od siebie programów
  - O przydział czasu procesora dla poszczególnych programów dba system operacyjny
  - ... często będący wyspecjalizowaną wersją popularnego OS (Windows, Linux)
  - Przykłady:
    - Router DSL, komórka z Androidem

# Architektury systemów wbudowanych

- Architektury systemów wbudowanych
  - Intel 386 i pochodne
    - 32-bitowa CISC
    - Little endian
    - zgodna z architekturą Intel x86 dla „dużych” komputerów
  - ARM (Advanced RISC Machine)
    - 32 i 64 bitowa RISC
    - Przełączalna pomiędzy big i little endian
    - Pierwotnie „Acorn RISC Machine”
    - Standard de-facto dla urządzeń mobilnych

# Architektury systemów wbudowanych

- Architektury systemów wbudowanych
  - Infineon
    - 16 i 32 bitowa RISC
    - Little endiann
    - Popularna w sterownikach przemysłowych.
  - PowerPC
    - 16 i 32 bitowa RISC
    - Przełączalna pomiędzy big i little endian
    - Nisza kosmiczno-wojskowa (np. łaziki marsjańskie Curiosity i Perseverance)

# Architektury systemów wbudowanych

- Architektury systemów wbudowanych
  - MIPS
    - 32 i 64 bitowa RISC
    - Wymierająca.
  - Motorola 68K
    - 16 i 32 bitowa RISC
    - Big endiann
    - Ważna historycznie – źródło różnicy pomiędzy „host byte order” i „network byte order”.
    - Wymarła.

# Architektury systemów wbudowanych

- Architektury systemów wbudowanych
  - Hitachi Super H
    - 32 i 64 bitowa RISC
    - Przełączalna pomiędzy big endian i little endian
    - Wymierająca.
  - Intel 8051
    - 8 bitowa
    - Uproszczona wersja 8-bitowych architektur Intela z lat 70-ątych XX w. (8008, 8080, 8085), aczkolwiek niezgodna z nimi
    - Bardzo prosty assembler.
    - Używana do celów edukacyjnych.