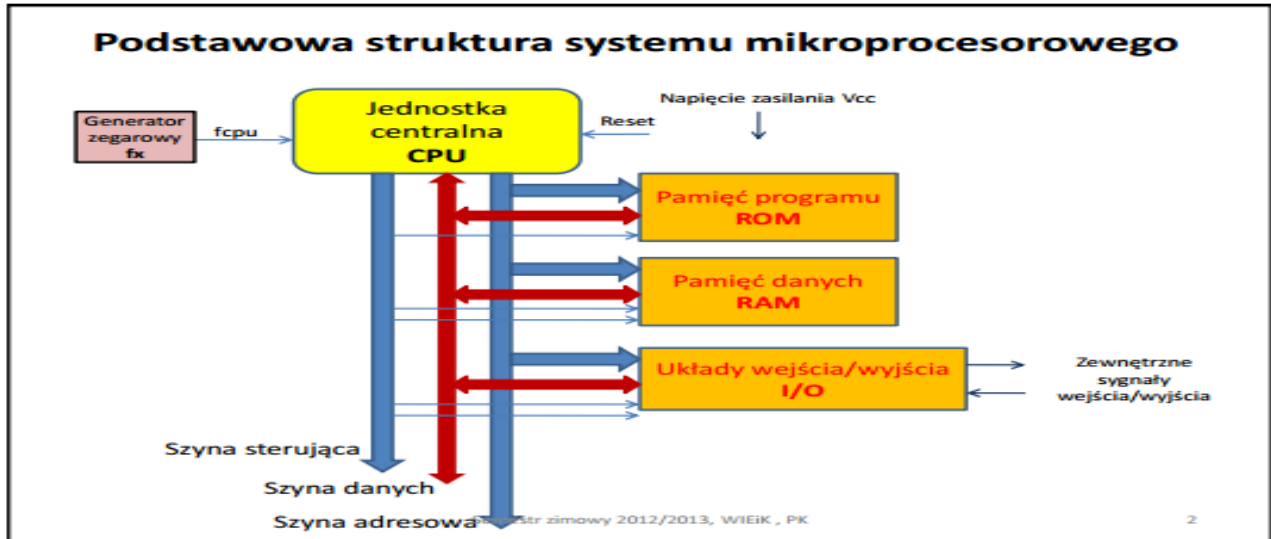


## Spis treści:

- 1 podstawowa struktura systemu mikroprocesorowego (szyna danych, szyna adresowa, szyna sterująca, zegar, CPU, pamięć programu, pamięć danych, urządzenia wejścia/wyjścia), cykl zegarowy, cykl maszynowy,
- 2 mikroprocesor, mikrokontroler, procesor jednoukładowy
- 3 rodzaje pamięci programu (ROM, PROM, EPROM, OTP, EEPROM, Flash EEPROM, FRAM)
- 4 parametry pamięci programu (organizacja, pojemność, czas programowania, czas dostępu)
- 5 rodzaje pamięci danych (SRAM, DRAM, EEPROM, FRAM),
- 6 parametry pamięci danych (organizacja, pojemność, czas dostępu),
- 7 przerwania sprzętowe (rodzaj przerwań, obsługa przerwań, wektor przerwań),
- 8 mechanizm DMA w systemach mikroprocesorowych i mikrokontrolerach,
- 9 architektura procesora typu Harvard i typu Von Neumanna, mapa pamięci,
- 10 procesor typu CISC, RISC, DSP,
- 11 rodzaje urządzeń wejścia/wyjścia (porty równoległe I/O, liczniki, zegary, porty szeregowo I/O, generatory PWM, przetwornik A/C i C/A,
- 12 rodzaje urządzeń wejścia/wyjścia – układy analogowe - komparator analogowy, wzmacniacz pomiarowy, czujnik temperatury, źródło napięcia odniesienia
- 13 interfejsy do transmisji szeregowo, protokoły transmisyjne
- 14 elementy i układy nadzorujące pracę układu mikroprocesorowego (układ generatora zegarowego, układy zerowania, układy monitorowania napięcia zasilania, układy czuwające licznikowe),
- 15 pobór mocy przez układy mikroprocesorowe, metody obniżania mocy pobieranej, tryby pracy z obniżonym poborem mocy,
- 16 podłączanie zewnętrznych elementów i układów do systemu mikroprocesorowego
- 17 urządzenia i oprogramowanie wspomagające projektowanie i testowanie układów z mikrokontrolerami, (symulatory, emulatory, programatory, assembler, kompilatory, pakiety zintegrowane IDE, analizatory logiczne, złącza testujące JTAG)
- 18 przegląd producentów mikroprocesorów i mikrokontrolerów, rodziny mikrokontrolerów 8-bitowych, 16-bitowych, 32-bitowych i procesorów DSP, DSC, rdzeń typu ARM i MIPS

1. [Słóń] podstawowa struktura systemu mikroprocesorowego (szyna danych, szyna adresowa, szyna sterująca, zegar, CPU, pamięć programu, pamięć danych, urządzenia wejścia/wyjścia), cykl zegarowy, cykl maszynowy



**Cykl maszynowy** to cykl, podczas którego następuje wymiana danych między procesorem a pamięcią lub układem wejścia wyjścia (odczyt albo zapis).

W każdym cyklu maszynowym następuje wysłanie:

- adresu na magistralę adresową,
- danych na magistralę danych,
- sygnałów sterujących, informujących o rodzaju cyklu, na magistralę sterującą.

**Cykl zegarowy** to okres wytwarzanego na bazie rezonatora kwarcowego, elementów RC itp. sygnału zegarowego. Można go obliczyć jako odwrotność częstotliwości generatora zegarowego.

$$\text{cykl zegarowy} = 1/\text{FGEN}$$

**Cykl maszynowy** to okres wewnętrznego sygnału zegarowego. Oblicza się go po uwzględnieniu wewnętrznych podziałów częstotliwości sygnału zegarowego. W mikrokontrolerze AVR cykl maszynowy = cyklowi zegarowemu.  $\text{cykl maszynowy} = \text{wewnętrzny podział} \times 1/\text{FGEN}$

## 2. [Grzegosław] mikroprocesor, mikrokontroler, procesor jednoukładowy,

**Mikroprocesor** – układ cyfrowy wykonany jako pojedynczy układ scalony o wielkim stopniu integracji (LSI) zdolny do wykonywania operacji cyfrowych według dostarczonego ciągu instrukcji.

**Mikrokontroler** – system mikroprocesorowy zrealizowany w postaci pojedynczego układu scalonego, zawierającego jednostkę centralną, pamięć RAM, pamięć programu i rozbudowane układy wejścia-wyjścia.

Mikrokontroler stanowi użyteczny i całkowicie autonomiczny system mikroprocesorowy, który z reguły do swej pracy nie potrzebuje dodatkowych układów. Mikrokontrolery przystosowane są do bezpośredniej współpracy z różnymi urządzeniami zewnętrznymi, w tym również takimi, do których obsługi tradycyjny mikroprocesor wymagałby użycia dodatkowych układów peryferyjnych. Mikrokontrolery wykorzystuje się powszechnie w sprzęcie AGD, układach kontrolno-pomiarowych, w przemysłowych układach automatyki, w telekomunikacji itp.

**Procesor jednoukładowy** - w jednej kości układu scalonego zawarte są wszystkie elementy niezbędne do działania komputera (systemu procesorowego) czyli „urządzenia do automatycznego przetwarzania informacji w sposób określony przez program”. Komputer jednoukładowy będzie zastępować złożone układy kombinacyjne i sekwencyjne, dając potencjalną możliwość zmiany działania urządzenia poprzez zmianę programu.

### 3. [Jachym] rodzaje pamięci programu (ROM, PROM, EPROM, OTP, EEPROM, Flash EEPROM, FRAM),

**ROM** - *Read-Only Memory* - pamięć tylko do odczytu - Zawiera ona stałe dane potrzebne w pracy urządzenia - na przykład procedury startowe komputera. Z pamięci tej dane można tylko odczytywać. Nie giną po odcięciu zasilania.

**PROM** *Programmable read-only memory* - pamięć jednokrotnego zapisu, zbudowana w postaci układu scalonego. Proces programowania nie następuje w momencie produkcji. Można ją zaprogramować samodzielnie po kupieniu.

**EPROM** *Erasable Programmable Read-Only Memory* – rodzaj pamięci cyfrowej w postaci układu scalonego, przechowującej zawartość także po odłączeniu zasilania. Raz zapisana, pamięć EPROM może zostać skasowana jedynie przez wystawienie jej na działanie silnego światła (UV-EPROM) ultrafioletowego. Przechowuje dane przez około dziesięć do dwudziestu lat. Pozwala na około tysiąc cykli zapisu i dowolną liczbę cykli odczytu.

**OTP ROM** *One Time Programming- Read Only Memory* - typ ROM programowalny elektrycznie. Strukturalnie jest tożsamy z pamięcią EPROM (programowalną elektrycznie i wymazywalną przez wystawienie na promieniowanie UV), jednak, w odróżnieniu od EPROM, kostka z układem OTP ROM nie posiada okienka kwarcowego umożliwiającego wystawienie jej na światło ultrafioletowe i wymazanie w ten sposób zawartości pamięci (pamięć zapisywalna tylko raz).

**EEPROM** *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory* – rodzaj nieulotnej pamięci komputerowej. Oznaczana również jako **E<sup>2</sup>PROM**. Pamięć EEPROM w odróżnieniu od pamięci EPROM może być kasowana tylko przy użyciu prądu elektrycznego. Liczba zapisów i kasowań jest ograniczona, w zależności od typu i producenta pamięci wynosi do 100,000 cykli. Po przekroczeniu tej wartości pamięć ulega uszkodzeniu. Liczba odczytów pamięci jest nieograniczona. Wykorzystywana do przechowywania małej ilości danych które muszą być dostępne po zaniku zasilania.

**Pamięć flash** *flash memory* – rodzaj pamięci EEPROM, pozwalającej na zapisywanie lub kasowanie wielu komórek pamięci podczas jednej operacji programowania. Jest to pamięć trwała (nieulotna) – po odłączeniu zasilania nie traci zapisanych w niej danych.

**FRAM (FeRAM, Ferroelectric RAM)** – typ pamięci nieulotnej opartej na nośniku krystalicznym – kryształach roztworu stałego cyrkonianu i tytanianu ołowiu (materiały typu perowskitu). Kryształy te zawierają wewnątrz siatki atomy o dwóch stabilnych pozycjach. Przyłożenie napięcia o odpowiedniej polaryzacji wymusza zmianę pozycji atomu. Odczyt polega na pomiarze pochłanianej energii po kolejnym przyłożeniu napięcia – wiąże się to z koniecznością regeneracji zapisu w komórce.

#### 4. [Jachym] parametry pamięci programu (organizacja, pojemność, czas programowania, czas dostępu),

##### **ROM:**

- pojemność (w kBitach i Ksłowach, 32kB, 256kB, 128k) i organizacja pamięci (8, 12, 14, 16, 24, 32-bitowa)
- czas odczytu (dziesiątki i setki ns),
- czas (us i ms) i sposób programowania, napięcie programowania (12.5V)
- napięcie zasilania (2,7V, 3,3V 5V) i pobór prądu (mA)
- trwałość zapisu, ilość cykli kasowania/programowania (10tyś – 100tyś razy)

##### **EPROM:** Przykładowo pamięć typu 27C256:

- technologia CMOS
- pojemność 256kbitow (32kBajtów)
- organizacja 8-bitowa
- czas odczytu 120ns

##### 4Mbit Ferroelectric Nonvolatile **FRAM**

- Organized as 256Kx16
- Configurable as 512Kx8 Using /UB, /LB
- 100 Trillion (1e14) Read/Write Cycles
- NoDelay™ Writes
- Page Mode Operation to 40MHz
- Advanced High-Reliability Ferroelectric Process

## 5. [Indyk] rodzaje pamięci danych (SRAM, DRAM, EEPROM, FRAM),

**SRAM** (ang. *Static Random Access Memory*), statyczna pamięć o dostępie swobodnym – typ pamięci półprzewodnikowej stosowanej w komputerach, służy jako pamięć buforująca między pamięcią operacyjną i procesorem. Słowo "statyczna" oznacza, że pamięć SRAM przechowuje dane tak długo, jak długo włączone jest zasilanie, w odróżnieniu od pamięci typu DRAM, która wymaga okresowego odświeżania.

Każdy bit przechowywany jest w pamięci SRAM w układzie zbudowanym z czterech tranzystorów, które tworzą przerzutnik, oraz z dwóch tranzystorów sterujących. Taka struktura umożliwia znacznie szybsze odczytanie bitu niż w pamięci typu DRAM, oraz w przeciwieństwie do pamięci DRAM nie wymaga odświeżania.

**DRAM** (ang. *Dynamic Random Access Memory*) – rodzaj ulotnej pamięci półprzewodnikowej RAM, która przechowuje każdy bit danych w oddzielnym kondensatorze wewnątrz układu scalonego. Poszczególne jej elementy zbudowane są z tranzystorów MOS, z których jeden pełni funkcję kondensatora, a drugi elementu separującego. W przeciwieństwie do pamięci statycznych wymagają okresowego odświeżania zawartości (ze względu na rozładowywanie się kondensatorów). Jednocześnie pojedyncza komórka pamięci dynamicznej składa się z mniejszej liczby elementów niż analogiczna komórka pamięci statycznej. Powyższe cechy pozwalają na większe upakowanie elementów w układach scalonych, co daje efekt w postaci niższych kosztów produkcji i pozwala na budowę tańszych układów pamięci o danych pojemnościach.

**EEPROM** (ang. *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*) – rodzaj nieulotnej pamięci komputerowej. Pamięć EEPROM w odróżnieniu od pamięci EPROM może być kasowana tylko przy użyciu prądu elektrycznego. Liczba zapisów i kasowań jest ograniczona, w zależności od typu i producenta pamięci wynosi do 100,000 cykli. Po przekroczeniu tej wartości pamięć ulega uszkodzeniu. Liczba odczytów pamięci jest nieograniczona. Wykorzystywana do przechowywania małej ilości danych które muszą być dostępne po zaniku zasilania.

**FRAM (FeRAM, Ferroelectric RAM)** – typ pamięci nieulotnej opartej na nośniku krystalicznym – kryształach roztworu stałego cyrkonianu i tytanianu ołowiu (materiały typu perowskitu). Kryształy te zawierają wewnątrz siatki atomy o dwóch stabilnych pozycjach. Przyłożenie napięcia o odpowiedniej polaryzacji wymusza zmianę pozycji atomu. Odczyt polega na pomiarze pochłanianej energii po kolejnym przyłożeniu napięcia – wiąże się to z koniecznością regeneracji zapisu w komórce.



## 7. [Słóń] przerwania sprzętowe (rodzaj przerwań, obsługa przerwań, wektor przerwań)

### Przerwania:

- 1 Niemaskowalne- sytuacje wyjątkowe
  - a nie można ich zablokować programowo ani sprzętowo
  - b najszybsze przerwania o najwyższym priorytecienp. sygnał z CPU - dzielenie przez 0, błąd parzystości, przepełnienie, błąd CPU  
sygnał RESET - z ukł. zerowania, z ukł. monitorowania, z watchdoga
- 2 Maskowalne - sprzętowe, event interrupts
  - a możliwość programowa zablokowania lub odblokowanianp. sygnał z ukł. czasowo-licznikowego  
sygnał z portów szeregowych  
sygnał z ukł./urządzeń zewnętrznych (klawiatura, dysk,...)
- 3 Programowe - software interrupts
  - a wywoływane przez program
  - b uruchamianie odpowiedniej funkcji przerywającej
- 4 Pułapki
  - a wykonywanie określonego kodu w przypadku wystąpienia konkretnej sytuacji
  - b po wykonaniu kodu pułapki procesor kontynuuje poprzednio wstrzymaną czynność

**Wektor przerwań** - tabela umieszczona w pamięci programu z której pobierany jest adres procedury obsługi przerwania (adres pierwszego rozkazu programu do obsługi przerwania). Wektor przerwań może być ustalony na stałe przez producenta lub w niektórych przypadkach narzucony przez programistę.

**Priorytet przerwań** - jeżeli zgłoszonych zostanie jednocześnie kilka przerwań obsłużone one zostaną w zależności od priorytetu, od najwyższego. Każde przerwanie ma określony priorytet, zazwyczaj ustalony przez producenta ale może być, w pewnym zakresie, modyfikowany przez programistę. W większości przypadków przypadków przerwania niemaskowalne mają najwyższy priorytet.



## 8. [Słój] mechanizm DMA w systemach mikroprocesorowych i mikrokontrolerach,

**Direct Memory Access, DMA** – technika, w której sprzęt komputerowy podłączony dopłyty głównej, np. karta graficzna, karta dźwiękowa, karta sieciowa czy kontroler dysku twardego, mogą korzystać z pamięci operacyjnej RAM lub portów we-wy, pomijając przy tym CPU. Wymaga to niewielkiej współpracy ze strony procesora, który musi zaprogramować kontroler

DMA do wykonania odpowiedniego transferu danych, a następnie na czas przesyłania danych zwolnić magistralę systemową (prześć w stan wysokiej impedancji). Natomiast sam transfer danych jest już zadaniem wyłącznie kontrolera DMA. Realizacja cykli DMA może być przejmowana przez dedykowany układ cyfrowy, tak jak np. w komputerach PC, lub być realizowana programowo przez dane urządzenie.

DMA ma za zadanie odciążyć procesor główny od przesyłania danych (np. z urządzenia wejściowego do pamięci). Procesor może w tym czasie zająć się innymi działaniami, wykonując kod programu pobrany uprzednio z pamięci RAM do pamięci podręcznej. Specjalizowane układy wspomagające DMA (np. te spotykane w PC), potrafią kopiować obszary pamięci dużo szybciej niż uczyniłby to programowo procesor główny.

## 9. [Grzegosław] architektura procesora typu Harvard i typu Von Neumanna, mapa pamięci

**Architektura Von-Neumanna** - architektura przedstawiona po raz pierwszy w 1945 roku przez Johna von Neumana stworzonawspólnie z Johnem W. Mauchly'ym i Johnem Presper Eckertem. Cechuje się jednolitą przestrzenią adresową, w której wszystkie pamięci, rejestry i układy we/wy są umieszczone w jednej, wspólnej przestrzeni adresowej. W architekturze tej zakłada się, że podział przestrzeni adresowej na pamięć programu, pamięć danych oraz obszar we/wy jest czysto umowny i zależy wyłącznie od rozmieszczenia tych elementów w obszarze adresowym podczas projektowania systemu. CPU ma jedną szynę danych wspólną dla danych i program. Dzięki temu programowanie jest ułatwione, gdyż dostęp do danych, programu i urządzeń we/wy odbywa się przy użyciu zunifikowanych rozkazów wykorzystujących te same tryby adresowania. Zatem nie istnieje tu potrzeba wprowadzania specjalnych rozkazów pozwalających na przepływ danych pomiędzy pamięcią ROM i RAM. Do tego celu może być użyty typowy rozkaz adresowy. Tym samym tworzenie tablic stałych, tablicy wektorów, itp. w pamięci ROM nie stanowi problem

**Architektura Harwardzka** - opiera się na użyciu dwóch oddzielnych szyn dla danych i rozkazów, dzięki czemu w trakcie pobierania argumentów wykonywanej właśnie instrukcji można równocześnie zacząć pobieranie następnego słowa rozkazowego. Skracza to cykl rozkazowy i zwiększa szybkość pracy. Obszary adresowe pamięci danych i programu (wewnętrznych i czasami zewnętrznych) są rozdzielone. Pociąga to za sobą niejednoznaczność adresów, ponieważ pod tym samym adresem CPU widzi pamięć RAM i ROM. W tym przypadku stosuje się inne rozkazy dla pamięci programu i inne dla pamięci danych. Ponadto magistrala danych i rozkazów mają różną szerokość (długość słowa).

**Mapa pamięci - architektura systemów mikroprocesorowych** - Mapa pamięci (memorymap) w sposób graficzny przedstawia rozmieszczenie poszczególnych pamięci w przestrzeni adresowej CPU. Oprócz adresów obszarów RAM, ROM i innych rodzajów pamięci, mapa ta podaje usytuowanie rejestrów uniwersalnych, adresów procedur obsługi przerwa, rejestrów układów we/wy (dostępne przez adresowanie pamięci RAM). W zależności od typu struktury mapy pamięci, procesory rdzeniowe mogą mieć następującą architekturę:

- architekturę harwardzką,
- zmodyfikowaną architekturę harwardzką,
- architekturę Von-Neumanna

## 10 .[Jachym] procesor typu CISC, RISC, DSP

**CISC** *Complex Instruction Set Computer* – architektura procesora o następujących cechach:

- występowanie złożonych, specjalistycznych rozkazów (instrukcji), które do wykonania wymagają od kilku do kilkunastu cykli zegara,
- przeciwnie niż w architekturze RISC rozkazy mogą operować bezpośrednio na pamięci (zamiast przesłania wartości do rejestrów i operowania na nich)

Istotą architektury CISC jest to, iż pojedynczy rozkaz mikroprocesora wykonuje kilka operacji niskiego poziomu, jak na przykład pobranie z pamięci, operację arytmetyczną i zapisanie do pamięci.

**RISC** *Reduced Instruction Set Computer* - nazwa architektury mikroprocesorów o zredukowanej liczbie rozkazów względem CISC. Jej podstawowe cechy to:

- Zredukowana liczba rozkazów do niezbędnego minimum. Ich liczba wynosi kilkadziesiąt, podczas gdy w procesorach CISC sięga setek. Upraszcza to znacznie dekodery rozkazów.
- Redukcja trybów adresowania, dzięki czemu kody rozkazów są prostsze, bardziej zunifikowane, co dodatkowo upraszcza wspomniany wcześniej dekodery rozkazów.
- Ograniczenie komunikacji pomiędzy pamięcią a procesorem.

**DSP - Procesor sygnałowy** (*Digital Signal Processor*, procesor DSP) – oznacza klasę specjalizowanych procesorów do cyfrowej obróbki sygnałów. Charakteryzują się rozdzielonymi pamięciami programu i danych (architektura harwardzka), możliwością równoczesnego odczytu instrukcji i danych, sprzętowym dostosowaniem do wykonywania operacji najczęściej występujących przy przetwarzaniu sygnałów i potokowym przetwarzaniem instrukcji. Procesory DSP pojawiły się jako odpowiedź na praktyczne zapotrzebowanie układów w zastosowaniach elektroniki przemysłowej.

Pierwszy układ aspirujący do klasy DSP – 2920 – został wyprodukowany w roku 1979; zawierał procesor, pamięć EPROM i RAM i przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe w pojedynczym chipie.

## 11. [Jachym] rodzaje urządzeń wejścia/wyjścia (porty równoległe I/O, liczniki, zegary, porty szeregowo I/O, generatory PWM, przetwornik A/C i C/A

- Układ wejścia-wyjścia (ang. input-output circuit, I/O) – element systemu, służący do wymiany informacji między jednostką centralną a układami/urządzeniami zewnętrznymi. Urządzenia wejścia/wyjścia służą także do komunikacji z użytkownikiem
- Wewnętrzne układy wejścia/wyjścia mikrokontrolerów
  - Układy cyfrowe (logiczne) – porty równoległe/szeregowo, układy czasowe
  - Układy analogowo-cyfrowe
  - Układy analogowe
- Zewnętrzne układy wejścia/wyjścia w systemie mikroprocesorowym
  - Klawiatura
  - Myszka komputerowa
  - Stacja dyskietek
  - Monitor
  - Drukarka
  - Karta sieciowa

### Rodzaje układów wejścia-wyjścia

- Układy cyfrowe (logiczne)
  - Równoległe porty wejścia/wyjścia, pogrupowane w 4, 8, 16, 32-bitowe porty,
- Szeregowo porty wejścia/wyjścia typu:
  - UART, (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) ,
  - USART (Universal Synchronous-Asynchronous Receiver-Transmitter),
  - I2C (inter-integrated circuit), TWI (Two Wire Interface),
  - SCI (Serial Communication Interface),
  - SPI, (Serial Peripheral Interface), QSPI,
  - CAN (Controller Area Network),
  - LIN, (Local Interconnect Network)
  - USB, (Universal Serial Bus) ,
  - I2S (do zastosowań audio )
  - kontroler sieci Ethernet
  - moduły radiowe

- Programowalne układy czasowo-licznikowe, 8 lub 16-bitowe, liczniki z dzielnikiem wstępnym (prescalerem)
  - Modulatory PWM, (Pulse Width Modulation),
  - PCA – (Programmable Counter Array), matryce (macierz) liczników, liczniki typu CCU (Compare Capture unit),
  - Zegar czasu rzeczywistego RTC (Real Time Clock),
  
- Programowalne struktury logiczne PLD,
- Kontrolery do wyświetlaczy tekstowych, alfanumerycznych i graficznych.
  
- Układy analogowo-cyfrowe A/C
  - Analogowy system pomiarowy - multiplexer analogowy 4, 8, 12 wejściowy, przetwornik analogowo-cyfrowy 8, 10, 12 16, 24 bitowe, mogą być dwa niezależne przetworniki A/C, przetworniki A/C 24-bitowe typu Delta –Sigma wraz programowalny filtrem cyfrowym,
  - przetwornik cyfrowo-analogowy 8, 10, 12-bitowy typu PWM lub klasyczny przetworniki C/A z wyjściem napięciowym, przetworniki Sigma –Delta, ( - )
  - Jeden lub dwa komparatory analogowe, monitor napięcia zasilania MCU (komparator analogowy),
  
- Układy analogowe
  - Programowalny wzmacniacz operacyjny,
  - Programowalny wzmacniacz pomiarowy (PGA) dla przetwornika A/C z wejściem pojedynczym lub różnicowym,
  - Źródło napięcia odniesienia  $V_{ref}$ , źródło prądowe do zasilania czujników np. mostkowych (tensometrycznych)
  - Czujnik temperatury (pomiar spadku napięcia na diodzie)

## 12. [kotałke] rodzaje urządzeń wejścia/wyjścia – układy analogowe - komparator analogowy, wzmacniacz pomiarowy, czujnik temperatury, źródło napięcia odniesienia

### Układy analogowe

- Programowalny wzmacniacz operacyjny,
- Programowalny wzmacniacz pomiarowy (PGA) dla przetwornika A/C z wejściem pojedynczym lub różnicowym,
- Źródło napięcia odniesienia  $V_{ref}$ , źródło prądowe do zasilania czujników np. mostkowych (tensometrycznych)
- Czujnik temperatury (pomiar spadku napięcia na diodzie)

**Komparator analogowy** porównuje napięcia (lub prądy) przyłożone do wejść, a na wyjściu podaje sygnał zależny od tego, który z sygnałów wejściowych jest większy. Komparatory wykonuje się w oparciu o wzmacniacze operacyjne. Przykładem komparatora analogowego jest układ scalony LM339.

**Wzmacniacz pomiarowy** jest układem z zamkniętą pętlą sprzężenia zwrotnego, symetrycznym (różnicowym) wejściem i niesymetrycznym (względem końcówki odniesienia) wyjściem. Najczęściej impedancje obu końcówek wejściowych są jednakowe i mają duże wartości, typowo  $10^9 \Omega$  lub więcej. Wejściowy prąd polaryzacji powinien być mały, typowo 1...50 nA. Impedancja wyjściowa jest, podobnie jak we wzmacniaczu operacyjnym, bardzo mała, zwykle tylko kilka dziesiątek miliomów w zakresie małych częstotliwości.

**Termistor** – opornik półprzewodnikowy lub metalowy, którego rezystancja (opór) zależy od temperatury. Wykonuje się je z tlenków: manganu, niklu, kobaltu, miedzi, glinu, wanadu i litu. Od rodzaju i proporcji użytych tlenków zależą właściwości termistora. Wykorzystywany w czujnikach temperatury.

### **13.[indyk] interfejsy do transmisji szeregowej, protokoły transmisyjne**

#### **Rodzaje interfejsów do transmisji danych**

- Cyfrowy równoległy (np. LPT-Centronics)
- Cyfrowy szeregowy (np. RS232, RS485, USB, CAN)
- Cyfrowy szeregowo-równoległy (np. PCI-Expresx16)
- Analogowy szeregowy (np. 20mA, 4-20mA, Hart)

#### **Protokoły komunikacyjne**

to zbiór ścisłych reguł i kroków postępowania, które są automatycznie wykonywane przez urządzenia komunikacyjne w celu nawiązania łączności i wymiany danych.

- Dzięki temu, że połączenia z użyciem protokołów odbywają się całkowicie automatycznie, typowy użytkownik zwykle nie zdaje sobie sprawy z ich istnienia i nie musi o nich nic wiedzieć.
- Klasyczne protokoły, których pierwowzorem był protokół teleksu, składają się z trzech części:
  - procedury powitalnej (tzw. "handshake"), która polega na przesłaniu wzajemnej podstawowej informacji o łączących się urządzeniach, ich adresu (np. nr telefonu), szybkości i rodzaju transmisji itd.
  - właściwego przekazu danych
  - procedury analizy poprawności przekazu (np. sprawdzania sum kontrolnych) połączonej z procedurą pożegnania, żądaniem powtórzenia transmisji lub powrotem do procedury powitalnej
- Przesyłana informacja może być porcjowana – protokół musi umieć odtworzyć informację w postaci pierwotnej.
- Protokołami tego rodzaju posługują się:
  - teleksy
  - faksy
  - modemy
  - programy komputerowe
  - wiele innych urządzeń, włącznie z np. pilotami do telewizorów

**14. [Słownik] elementy i układy nadzorujące pracę układu mikroprocesorowego (układ generatora zegarowego, układy zerowania, układy monitorowania napięcia zasilania, układy czuwające licznikowe**

- **Licznik nadzorujący** (czuwający, watchdog timer) - licznik czuwający może być programowalny lub o stałym podziale częstotliwości, może liczyć impulsy zegarowe lub mieć własny generator
- Generator czuwający (oscillator timer)
- Układ detekcji awarii systemu lub błędów obliczeń (dzielenie przez zero)
- Układ monitorowania napięcia (LVD - Low Voltage Detector, BOR - Brown-out Reset, POR - Power on Reset). Układy do monitorowania napięcia służą do sygnalizowania spadku napięcia zasilania mikrokontrolera poniżej wartości odniesienia. Ta funkcja może być realizowana przez wewnętrzne lub zewnętrzne układy.



## 15. [kot] pobór mocy przez układy mikroprocesorowe, metody obniżania mocy pobieranej, tryby pracy z obniżonym poborem mocy

Kluczowym problemem z jakim borykają się konstruktorzy jest znalezienie złotego środka, tak by możliwie obniżyć zużycie prądu pobieranego przez urządzenie bez ograniczania jego funkcjonalności i szybkości działania.

Mniejszy pobór mocy oznacza mniejsze zużycie energii elektrycznej, mniejsze koszty, mniejszą emisję zanieczyszczeń przez elektrownie.

Urządzenia, które pobierają mniejszą moc są też gabarytowo mniejsze, lżejsze i nie wymagają dodatkowych układów chłodzących. Istotnym czynnikiem z punktu widzenia poboru mocy jest częstotliwość pracy mikrokontrolera, której wartość wiąże się z architekturą układu, a także z jego listą rozkazów. Należy pamiętać, że zwiększając częstotliwość pracy, zwiększamy pobór prądu. Inny niekorzystnym czynnikiem zwiększającym zużycie prądu jest temperatura, której wpływ także należy uwzględnić. niższe napięcie zasilania (a więc niższy koszt źródeł zasilania), mniejsze "nagrzewanie się" urządzenie, jak również możliwość zasilania z linii sygnałowej, to także korzystnie wpływa na koszt produktu końcowego.

### Metody ograniczania poboru mocy:

- Oszczędności wewnątrz układów scalonych
- Oszczędności mocy przy transmisji sygnałów
- Architektura adaptacyjna
- Większa liczba rdzeni procesora
- Minimalizacja zewnętrznych układów logicznych i analogowych
- Stosowanie układów wyłączanych albo z możliwością ograniczenia mocy pobieranej
- Dostosowanie częstotliwości taktowania poszczególnych fragmentów systemu mikroprocesorowego do zapotrzebowania na moc obliczeniową
- ograniczanie prądu rozruchu urządzenia (tzw. miękki start – soft start)

### Tryby pracy procesora:

– **Low Power Run (LPR)** oszczędza energię podczas normalnego działania poprzez przełączenie stabilizatora napięcia w tryb standby.

– **Low Power Wait (LPW)**, w który układ wchodzi z trybu LPR, skutkuje dodatkowymi oszczędnościami dochodzącymi do 50% w stosunku do LPR i bazuje na wyłączaniu dalszych bloków. Poniżej zamieszczono charakterystykę głównych trybów oszczędnościowych:

– **tryb Run**: zegar CPU pracuje z normalną częstotliwością, a napięcie zasilania jest stabilizowane,

– **tryb LPRUN**: zegar dla CPU i układów peryferyjnych jest ograniczony do 125 kHz, a stabilizator napięcia zasilania pracuje w trybie standby,

– **tryb Wait**: CPU nie jest taktowany, zegar systemowy działa, regulacja napięcia zasilania również,

– **tryb LPWAIT**: CPU nie jest taktowany, zegar dla układów peryferyjnych jest ograniczony do 125 kHz, stabilizator napięcia pracuje w trybie standby,

- **Stop3:** CPU nie jest taktowany. Stabilizator napięcia zasilania i układy peryferyjne nie są taktowane, ale są zasilane dla umożliwienie szybkiego startu,
- **Stop2:** CPU i układy peryferyjne nie są taktowane. Stabilizator napięcia jest w częściowym trybie power down, zawartość RAM jest podtrzymywana, stan linii I/O utrzymywany.

**Programowanie a pobór mocy:**

- na jaki czas można wyłączyd poszczególne fragmenty systemu,
- o ile można obniżyd częstotliwość taktowania wybranych bloków systemu (mikrokontrolera),
- w jaki sposób wprowadzić układ w wybrany obniżony tryb poboru mocy,
- w jaki sposób należy powrócid do trybu aktywnego,
- ile czasu zajmie powrót do trybu aktywnego,
- Jakie dane mogą zostać utracone w trybie o obniżonym poborze mocy

## 16. [whiskas] podłączanie zewnętrznych elementów i układów do systemu mikroprocesorowego

System zbudowany na mikrokontrolerze będzie miał już w sobie podstawowe układy wejścia/wyjścia, takie jak porty równoległe, porty szeregowy i układy czasowe.

Za pomocą portów równoległych i portów szeregowych można dołączać do systemu inne urządzenia, np. sygnały z czujników, klawiaturę, przekaźniki, diody LED, wyświetlacze LED, LCD, przetworniki A/C i C/A, pamięci masowe – karty pamięci, moduły radiowe...

### **Rozbudowa systemu mikroprocesorowego:**

W pełni zdolne i gotowe do działania systemy mikroprocesorowe, np. sterowniki typu PLC, też mają możliwość dołączania dodatkowych modułów rozszerzających funkcjonalność samego sterownika przemysłowego.

Jeżeli producent przewidział taką możliwość, to za pomocą interfejsów równoległych lub szeregowych można zainstalować dodatkowe logiczne moduły wejścia/wyjścia, moduły wejść lub wyjść analogowych, moduły do pomiaru temperatury.

Większość sterowników PLC ma możliwość podłączenia do zewnętrznego panelu operatorskiego za pomocą portu szeregowego.

### **Przykładowe elementy służące do rozszerzania systemu:**

- Dodatkowa pamięć programu ROM (EPROM, Flash, FRAM)
- Dodatkowa pamięć danych RAM (SRAM, DRAM)
- Szeregowa pamięć danych EEPROM (interfejs SPI, I2C)
- Karty pamięci masowych np. typu SD
- Porty równoległe (wejściowe i wyjściowe)
- Porty szeregowy (UART, SPI, I2C, CAN, USB, Ethernet)
- Przetwornik analogowo-cyfrowy (interfejs równoległy lub szeregowy)
- Przetwornik cyfrowo-analogowy (interfejs równoległy lub szeregowy)
- Elementy do wprowadzania danych (przyciski, klawiatura 4x4, pełna klawiatura)
- Lampki, kontrolki, diody LED,
- Wyświetlacze LED, 7-segmentowe, matrycowe, (mono, kolor)

Sposoby podłączania zewnętrznych urządzeń:

- Za pomocą sprzętowej zewnętrznej szyny danych, szyny adresowej i szyny sterującej. Wtedy do zapisu lub odczytu danych używa się gotowych rozkazów mikroprocesora/mikrokontrolera.
- Za pomocą programowej zewnętrznej szyny danych, zewnętrznej szyny adresowej i zewnętrznej szyny sterującej zrealizowanej za pomocą równoległych portów I/O. Wtedy do zapisu lub odczytu danych należy napisać procedury.
- Za pomocą równoległych portów I/O, zapis lub odczyt poprzez odpowiednie sterowanie poszczególnych końcówek portu.
- Za pomocą interfejsów szeregowych sprzętowych lub interfejsów szeregowych programowych.

### **Podłączanie zewnętrznych układów**

#### **programowa zewnętrzna szyna danych, szyna adresowa i szyna sterująca**

- Tej metody najczęściej się używa do małej liczby zewnętrznych układów wejścia/wyjścia,
- wymagane jest napisanie programu do obsługi programowej szyny danych, szyny adresowej i szyny sterującej,
- Jest możliwość kontrolowania czasów zapisu i odczytu
- Ta metoda jest stosowana w mikrokontrolerach, które nie mają zewnętrznej sprzętowej szyny danych, adresowej i sterującej

### **Podłączanie zewnętrznych układów**

#### **równoległe porty wejścia/wyjścia w mikrokontrolerze**

- Metoda najczęściej używana do małej liczby zewnętrznych układów wejścia/wyjścia,
- umożliwia ustawianie pojedynczych bitów i kontrolowanie czasów trwania stanów zapisu/odczytu.
- przy kilku układach I/O wymagana jest odpowiednia liczba końcówek w mikrokontrolerze,
- każdy układ I/O wymaga napisania programu do jego obsługi,
- w ten sposób podłącza się np. wyświetlacze LCD tekstowe lub graficzne, klawiaturę itp.

**17. [Indyk] urządzenia i oprogramowanie wspomagające projektowanie i testowanie układów z mikrokontrolerami, (symulatory, emulatory, programatory, asembler, kompilatory, pakiety zintegrowane IDE, analizatory logiczne, złącza testujące JTAG),**

- **symulatory** - sprzętowe ICE(In Circuit Emulators) - urządzenia stosowane do debugowania oprogramowania systemów wbudowanych:

- **emulatory**

-sprzętowy mikrokontrolera

-pamięci programu-

-programy ładujące(bootloader)-ma za zadanie przesłanie programu z komputera nadrzędnego do wewnętrznej lub zewnętrznej pamięci programu mikrokontrolera i uruchomienie tego programu w systemie

-monitor programowy i program śledzący(debugger)-rozwińnięcie programu ładującego, najprostsze, najtańsze i najszerzej stosowane narzędzia wspomagające uruchamianie systemów z mikroproc. i mikrokont.

- **programatory** - umożliwiają programowanie:

-równoległych pamięci typu PROM, EPROM, EEPROM, Flash

-szeregowych pamięci typu EEPROM, FLASH

-układów programowalnych np. typu PAL, GAL

-mikrokontrolerów

-testowanie układów cyfrowych

-niektóre modele mogą pracować jako emulatory pamięci ROM

-programatory ISP(In-System-Programming)-najbardziej popularny, najtańszy sposób programowania mikrokontrolerów, wymaga programatora i programu na PC, który obsługuje dany typ mikrokontrolerów

- **assembler**

- **kompilatory,**

- **pakiety zintegrowane IDE** (Integrated Development Environment) zintegrowane systemy uruchomieniowe, w ich skład wchodzi:

-program zarządzania plikami

-edytor tekstu

-assembler

-kompilator języka c, c++

-linker

-debuger

-symulator programowy

-monitor współpracujący z debugerem

-program do tworzenia własnych bibliotek

-biblioteki programowe

-dodatkowe programy

-biblioteki systemu RTX(RTOS)

-programy do obsługi programatorów i układów diagnostycznych JTAG

- **analizatory logiczne,**

- **złącza testujące JTAG** - Jest to interfejs w urządzeniu mikroprocesorowym, pozwalający na uruchamianie, testowania a także programowanie układu mikroprocesorowego bezpośrednio w urządzeniu, bez konieczności wymontowywania go (In-System Programming), umożliwia uruchamianie i testowanie oprogramowania w układzie docelowym ( In-Circuit Debugging), śledzenie w czasie rzeczywistym (Real Time Tracking), programowanie zewnętrznych pamięci Flash i struktur PLD

## **18. [Grzechosław] przegląd producentów mikroprocesorów i mikrokontrolerów, rodziny mikrokontrolerów 8-bitowych, 16-bitowych, 32-bitowych i procesorów DSP, DSC, rdzeń typu ARM i MIPS**

### **Wybrani producenci układów mikroprocesorowych, mikrokontrolerów, procesorów DSP, DSC**

- AMD
- Analog Devices
- Intel
- Texas Instruments
- Samsung

### **MIKROKONTROLERY 8-bitowe**

W gronie mikrokontrolerów 8-bitowych największą popularnością mają układy z **rodziny 8051** (produkowane przez takie firmy jak Intel, Philips, Siemens i Atmel), ST62/72/92 firmy STMicroelectronics, 68HC05, 68HC08 i 68HC11 firmy Motorola, PICmicro firmy Microchip Technology i COP8 firmy National Semiconductor.

Typowe mikrokontrolery 8-bitowe pracują z częstotliwością taktowania CPU od 8 do 30 MHz i posiadają moc obliczeniową od jednego do kilku MIPS.

Rodzina mikrokontrolerów 8051 została opracowana przez firmę Intel na początku lat 80. Nazwa stosowana przez Intel to MCS51, jednak wiele innych firm produkuje mikrokontrolery z tej rodziny na zasadzie licencji, najszerszą gamę tych produktów oferuje firma Philips. Zdominowały one rynek europejski.

### **MIKROKONTROLERY 16-bitowe**

Oferowane dziś na rynku mikrokontrolery 16-bitowe opracowane zostały między połową lat 80. a początkiem lat 90. Ich powstanie było skutkiem ograniczonych możliwości obliczeniowych jakie dawały mikrokontrolery 8-bitowe. Przy tej samej porównywalnej częstotliwości taktowania CPU r kilkakrotnie wzrosła moc obliczeniowa jednostki centralnej. W gronie mikrokontrolerów 16-bitowych najbardziej znanymi układy są 68HC12 i 68HC16 również firmy Motoroli, z kolei Intela 8096/196/296, firmy Texas Instruments MPS430 i firmy Siemens 80166.

### **MIKROKONTROLERY 32-bitowe**

Mikrokontrolery tej rodziny tworzono na podstawie mikroprocesorów. Podstawową zaletą takiego rozwiązania jest możliwość wykorzystania już istniejącego oprogramowania, a także programów narzędziowych do ich tworzenia opracowanych dla bazowego mikroprocesora. Wadą takiego rozwiązania jest niedostateczne dostosowanie architektury mikrokontrolerów do wymagań miejsca jego przeznaczenia.

Najpopularniejszymi wbudowanymi procesorami wykorzystywanymi w systemach kontrolerów są procesory pochodzące z rodziny 80386 firmy Intel i 680x0 firmy Motorola.

**DSP - Procesor sygnałowy** (*Digital Signal Processor*, procesor DSP) – oznacza klasę specjalizowanych procesorów do cyfrowej obróbki sygnałów. Charakteryzują się rozdzielonymi pamięciami programu i danych (architektura harwardzka), możliwością równoczesnego odczytu instrukcji i danych, sprzętowym dostosowaniem do wykonywania operacji najczęściej występujących przy przetwarzaniu sygnałów i

potokowym przetwarzaniem instrukcji. Procesory DSP pojawiły się jako odpowiedź na praktyczne zapotrzebowanie układów w zastosowaniach elektroniki przemysłowej.

Pierwszy układ aspirujący do klasy DSP – 2920 – został wyprodukowany w roku 1979; zawierał procesor, pamięć EPROM i RAM i przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe w pojedynczym chipie.

**DSC** - A digital signal controller (DSC) is a hybrid of microcontrollers and digital signal processors (DSPs). Like microcontrollers, DSCs have fast interrupt responses, offer control-oriented peripherals like PWMs and watchdog timers, and are usually programmed using the C programming language, although they can be programmed using the device's native assembly language. On the DSP side, they incorporate features found on most DSPs such as single-cycle multiply-accumulate (MAC) units, barrel shifters, and large accumulators. Not all vendors have adopted the term DSC. The term was first introduced by Microchip Technology in 2002 with the launch of their 6000 series DSCs and subsequently adopted by most, but not all DSC vendors. For example, Infineon and Renesas refer to their DSCs as microcontrollers.)

DSCs are used in a wide range of applications, but the majority go into motor control, power conversion, and sensor processing applications. Currently DSCs are being marketed as green technologies for their potential to reduce power consumption in electric motors and power supplies.

In order of market share, the top three DSC vendors are Texas Instruments, Freescale, and Microchip Technology, according to market research firm Forward Concepts (2007). These three companies dominate the DSC market, with other vendors such as Infineon and Renesas taking a smaller slice of the pie.

Architektura **ARM** (**A**dvanced **R**ISC **M**achine, pierwotnie *Acorn RISC Machine*) jest 32-bitową architekturą (modelem programowym) procesorów typu RISC. Różne wersje rdzeni ARM są szeroko stosowane w systemach wbudowanych (ang. *embedded systems*) i systemach o niskim poborze mocy, ze względu na ich energooszczędną architekturę.

Różne wersje rdzeni ARM są szeroko stosowane w systemach wbudowanych i systemach o niskim poborze mocy, ze względu na ich energooszczędną architekturę.

Procesory z architekturą ARM są jednymi z najczęściej stosowanych procesorów na świecie. Używa się ich między innymi w dyskach twardych, telefonach komórkowych, routerach, kalkulatorach a nawet w zabawkach dziecięcych. Obecnie zajmują one ponad 75% rynku 32-bitowych CPU dla systemów wbudowanych.

Dostępne wersje

- 1987: ARM2
- 1989: ARM3
- 1991: ARM6
- 1993: ARM7
- 1995: ARM9
- 1998: ARM10
- 2002: ARM11

Producenci

- Apple
- Atmel
- Freescale (dawniej Motorola)
- IBM
- Samsung
- Texas Instruments



**MIPS (Microprocessor without Interlocked Piped Stages)** jest to architektura komputerowa rozwijana przez firmę MIPS Technologies. Istnieje zarówno w wersji 32- jak i 64-bitowej.

Procesory MIPS są szeroko stosowane w systemach wbudowanych, w szczególności w urządzeniach opartych na systemie operacyjnym Windows CE. Są używane w routerach firmy Cisco, oraz we współczesnych konsolach do gier takich jak Nintendo 64, Sony PlayStation, Sony PlayStation 2, Sony PSP. Szacuje się, że procesory MIPS stanowią jedną trzecią produkcji mikroprocesorów typu RISC.

#### Dostępne wersje

- 1985: R2000
- 1988: R3000
- 1991: R4000
- 1992: R4400
- 1994: R4600, R8000
- 1995: R10000
- 1996: R5000
- 1998: R12000
- 2001: R14000
- 2002: R16000
- 2004: R16000A